

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Efecto del consumo de jugo de remolacha sobre el
rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los
grupos juveniles de la Confederación Deportiva Autónoma
de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por

María Gabriela Heyligers Wever

para optar al grado académico de Licenciada en Nutrición

Guatemala

2014

Efecto del consumo de jugo de remolacha sobre el
rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los
grupos juveniles de la Confederación Deportiva Autónoma
de Guatemala

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Efecto del consumo de jugo de remolacha sobre el
rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los
grupos juveniles de la Confederación Deportiva Autónoma
de Guatemala

Trabajo de graduación presentado por

María Gabriela Heyligers Wever

para optar al grado académico de Licenciada en Nutrición

Guatemala

2014

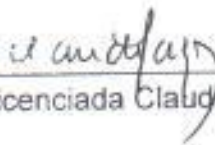
Vo. Bo.:

(f) 
Licenciada Ana Lucía Hurtado Muñoz
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
Licenciada Ana Lucía Hurtado
Asesor

(f) 
Licenciada Lucía Castellanos

(f) 
Licenciada Claudia Maza

Fecha de aprobación: Guatemala, 5 de agosto de 2014.

ÍNDICE

ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. JUSTIFICACIÓN	3
IV. HIPÓTESIS.....	5
V. VARIABLES	7
VI. MARCO TEÓRICO	9
A. Rendimiento deportivo	9
1. Tipos de actividad física.....	9
2. Mediciones del rendimiento físico.....	10
3. Ayudas ergogénicas.....	11
B. Óxido nítrico y sus efectos en el organismo	12
1. Efectos de los nitritos y nitratos en el metabolismo.....	13
2. Vías para la reducción a óxido nítrico.....	14
3. Fuentes y metabolismo del nitrito inorgánico.....	16
4. Beneficios del consumo de nitritos y nitratos.....	18
C. Óxido nítrico y el ejercicio	19
1. Suplementos deportivos relacionados con óxido nítrico.....	21
2. Efectos del consumo excesivo de jugo de remolacha.....	24
3. Estudios previos elaborados con jugo de remolacha	27
VII. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
A. Materiales.....	34
B. Muestra	34
2. Criterios de inclusión.....	34
C. Tipo de investigación	34
D. Ubicación.....	34
E. Instrumentos de medición	35
F. Métodos.....	35
G. Análisis de datos	39
H. Viabilidad.....	40

VIII.	RESULTADOS	41
A.	Caracterización de la muestra	41
B.	Evaluación del consumo	43
C.	Pruebas de rendimiento físico	48
D.	Consumo máximo de oxígeno	50
IX.	DISCUSIÓN	53
X.	CONCLUSIONES	60
XI.	RECOMENDACIONES	61
XII.	BIBLIOGRAFÍA	62
XIII.	ANEXOS	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Variables involucradas en la determinación del efecto del jugo de remolacha sobre el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos de deporte juvenil de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala.....	7
Cuadro 2: Clasificación de ayudas ergogénicas nutricionales.....	12
Cuadro 3. Resultados del recordatorio 24 horas.....	43
Cuadro 4. Resultados de la frecuencia de consumo de las atletas de gimnasia.	44
Cuadro 5. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de bádminton.....	45
Cuadro 6. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de Voleibol.....	46
Cuadro 7. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de judo.....	47
Cuadro 8. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de patinaje.....	48
Cuadro 9. Prueba T de varianzas iguales para datos normales para identificar la significancia de la frecuencia cardíaca y los tiempos de recuperación.....	49
Cuadro 10. Significancia del consumo de oxígeno según la prueba de Mann Whitney.....	50
Cuadro 11. Porcentaje de aumento del rendimiento físico de los atletas que mejoraron su consumo de oxígeno.....	52
Cuadro 12. Resultados de la prueba de esfuerzo realizada a los atletas.	77
Cuadro 13. Recuperación de los atletas tras la prueba de esfuerzo físico.....	78
Cuadro 14. Prueba estadística de Shapiro-wilk.....	81
Cuadro 15. Tiempo previo al consumo de la bebida y duración de la actividad física de los atletas.....	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. El metabolismo de nitratos en el hombre.....	13
Figura 2. Metabolismo de los nitratos en la boca.....	17
Figura 3. Rutas para la síntesis de óxido nítrico (NO).....	18
Figura 4. Beneficios obtenidos a partir de la obtención de óxido nítrico en el organismo.....	20
Figura 5. Beneficios obtenidos a partir de la obtención de óxido nítrico en el organismo.....	22
Figura 6. Comparación de síntesis endógenas y consumos de nitrosaminas.....	26
Figura 7. Cambios en la base plasmática, presión sistólica, presión diastólica y la presión arterial media, entre el grupo placebo y el experimental con suplementación de jugo de remolacha.....	27
Figura 8. Consumo de oxígeno durante la actividad física moderada de los deportistas, después del consumo de jugo de remolacha, placebo y control.....	29
Figura 9. Consumo de oxígeno durante la actividad física intensa de los deportistas, después del consumo de jugo de remolacha, placebo y control.....	30
Figura 10. Comparación del consumo de oxígeno pulmonar entre un grupo placebo y un experimental que consumió jugo de remolacha, tras realizar actividad física de intensidad leve.....	31
Figura 11. Comparación del consumo de oxígeno pulmonar entre un grupo placebo y un experimental que consumió jugo de remolacha, tras realizar actividad física de intensidad.....	32
Figura 12. Edades promedio de los atletas por deporte.....	41
Figura 13. Sexo de los atletas por deporte.....	42
Figura 14. Porcentaje de atletas que consumieron la bebida experimental y placebo.....	42
Figura 15 Consumo máximo de oxígeno en los atletas que consumieron el jugo de remolacha.....	50
Figura 16. Consumo máximo de oxígeno en los atletas que consumieron el jugo placebo.....	51
Figura 17. Tabla de áreas bajo la curva de una cola para la prueba t.....	82
Figura 18. Diapositivas correspondientes a la presentación del estudio para los atletas.....	83

RESUMEN

El objetivo principal del estudio fue determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos deportivos juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuerza rápida y velocidad; en los deportes de patinaje, bádminton, judo, voleibol y gimnasia artística. Esto basado en estudios como los de Bailey *et al* (2010) que han demostrado que los nitratos que contenidos en la remolacha se reducen a óxido nítrico en el organismo, el cual funciona como vasodilatador y permite mayor flujo sanguíneo hacia los músculos al momento de realizar el ejercicio; es decir contribuye a un incremento del rendimiento físico hasta en un 16% y permite llevar a cabo actividades de alta intensidad por un tiempo prolongado.

Para llevar a cabo el estudio se tomó una muestra de 10 atletas por cada disciplina deportiva, de los cuales cinco recibían la bebida de remolacha y los otros cinco una bebida placebo que no contenía nitratos. Luego se sometieron a una prueba de esfuerzo máximo basado en el protocolo de Mader, por medio de la cual se estimó indirectamente su consumo máximo de oxígeno, frecuencia cardíaca y porcentaje de recuperación tres minutos después de finalizar la prueba. Todos los participantes debían consumir una bebida de 250ml diariamente por dos semanas, la cual contenía 6mmol de nitratos en el caso de los que tenían la bebida experimental. Además, debían consumirla dos horas antes de llevar a cabo su entrenamiento de rutina. Al finalizar las dos semanas, se llevó a cabo otra prueba de esfuerzo máximo para comparar si hubo alguna mejoría en su rendimiento.

Como resultados se obtuvo que tanto la frecuencia cardíaca como el porcentaje de recuperación de los atletas no generaron una diferencia estadísticamente significativa. Esto se debe a que se esperaba tener una menor frecuencia cardíaca y por ende un mejor porcentaje de recuperación, pero los participantes que consumieron el jugo de remolacha y experimentaron un aumento de su consumo de oxígeno, es decir que aguantaron más tiempo la prueba de esfuerzo, generaron una frecuencia cardíaca más elevada que la inicial y mayor o igual tiempo de recuperación.

Ahora bien, en cuanto al consumo máximo de oxígeno, se determinó que existe un aumento estadísticamente significativo. Esto demuestra que el consumo de oxígeno se relaciona directamente con las necesidades de energía, de tal manera que al hacer ejercicio el organismo necesita más oxígeno para la obtención metabólica de energía; y por consiguiente si hay más oxígeno a nivel del tejido muscular la tolerancia a ejercicios de alta intensidad es mayor. Para concluir se determinó que la bebida de remolacha formulada mejora el rendimiento físico de los atletas hasta en un 10%, respecto a su rendimiento físico inicial.

I. INTRODUCCIÓN

Recientemente se han elaborado diversos estudios que comprueban el efecto positivo que causa la ingesta de jugo de remolacha sobre el rendimiento físico de los atletas. Dicho efecto se debe a que la remolacha contiene nitratos, los cuales contribuyen a la disminución de la presión sanguínea y aumenta la utilización de O_2 durante el ejercicio, aumentando así la tolerancia al ejercicio de alta intensidad. Cabe mencionar, que para obtener dichos resultados, se debe de suministrar diariamente 0.5 litros de jugo de remolacha con un contenido de 6mmol de nitrato, en un período de 4 a 6 días; logrando así el aumento de la resistencia al ejercicio en un 16% (Bailey, *et al.* 2010).

Con base a los estudios encontrados, este trabajo pretende determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos de deporte juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuerza rápida y velocidad, en los deportes de patinaje, bádminton, judo, Voleibol y gimnasia artística de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG).

El motivo por el cual se desea llevar a cabo el estudio, es debido a que el Área de Nutrición de la CDAG está interesada en incrementar el rendimiento físico de sus deportistas, utilizando la remolacha para crear un suplemento que sea efectivo y de menor costo que los encontrados actualmente en el mercado. Además, se trabajará con los cinco grupos de deporte de la CDAG, para comprobar si el suplemento es útil tanto en deportes aeróbicos como en los anaeróbicos.

Por lo tanto, se llevó a cabo el reclutamiento de los participantes, haciendo uso de un consentimiento informado, para que ellos conocieran la finalidad del estudio y se comprometieran a cumplir con las especificaciones. Una vez seleccionada la muestra de 50 atletas, se brindó el suplemento para que lo consumieran diariamente por dos semanas. Para verificar los resultados en el rendimiento se llevó a cabo la medición y evaluación preliminar del rendimiento físico de todos los deportistas, con una prueba de esfuerzo máximo basado en el protocolo de Mader, por medio de la cual se estimó indirectamente el consumo máximo de oxígeno. Dichas mediciones se llevarán a cabo antes de consumir el suplemento y dos semanas después de su consumo diario. Con ello se llevará a cabo el respectivo análisis estadístico.

II. OBJETIVOS

A. Objetivo general

Determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos deportivos juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuerza rápida y velocidad, en los deportes de patinaje, bádminton, judo, Voleibol y gimnasia artística de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG).

B. Objetivos específicos

- Establecer si existe cambio en el rendimiento físico de los atletas de la preselección y selección juvenil de distintos deportes, debido al consumo de jugo de remolacha.
- Determinar el porcentaje de mejora del rendimiento físico de los atletas de la preselección y selección juvenil de distintos deportes debido al consumo de jugo de remolacha.
- Establecer si existe una mejoría en el porcentaje de recuperación de los atletas que consumen el jugo de remolacha.

III. JUSTIFICACIÓN

El rendimiento físico se refiere a toda actividad física que permite a la persona alcanzar sus potenciales tanto físicos como mentales, el cual se obtiene cuando la acción optimiza la relación entre las capacidades físicas del individuo y el ejercicio que llevará a cabo.(Billat, 2002). Por lo tanto, este permite optimizar las capacidades físicas de la persona y por ende su resistencia en el ejercicio. Actualmente, la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala (CDAG) tiene como misión: “el desarrollar un sistema del deporte federado calificado, tecnificado, íntegro e incluyente que forme deportistas competitivos a nivel mundial”. Por dicho motivo, el Área de Nutrición del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte de la CDAG está interesada en la elaboración y prueba de un producto a base de remolacha, que mejore el rendimiento de deportistas de diferentes grupos juveniles en los deportes de patinaje, bádminton, judo, Voleibol y gimnasia artística.

En esta investigación se pretende estudiar atletas de diferentes deportes para contrastar si el jugo de remolacha tiene el mismo efecto en el rendimiento físico, sin importar el grupo deportivo. Diversos estudios efectuados por el autor Bailey han comprobado que la remolacha, debido a su contenido de nitratos, contribuye a disminuir la presión sanguínea y disminuye el consumo de O_2 en el ejercicio, aumentando la tolerancia a ejercicios de alta intensidad por un periodo de tiempo más prolongado. Por lo que se ha comprobado que con una dieta suplementada diariamente con 0.5 litros de jugo de remolacha con contenido de 6mmol de nitrato, de 4-6 días, se logra la reducción del costo de O_2 y se aumenta el tiempo de resistencia en un 16% (Bailey, *et al.* 2010).

Con base en dichos estudios, se obtuvo el primer producto para deportistas elaborado a base de remolacha, que se conoce como las ampollas “Beet it”. Estas se comercializan en dos presentaciones diferentes: la ampolla de 70ml que contiene 5mmol de nitratos y la botella de 250ml. El producto es un concentrado de remolacha y jugo de manzana, utilizado como acidificante para evitar el uso de preservantes químicos, obteniendo así una vida de anaquel de 10 meses. Sin embargo, en Guatemala aún no se ha formulado un producto basado en dicha innovación, por lo que es importante adecuar la información que se ha comprobado en otros países, para generar una bebida de remolacha, evaluando su contenido de nitratos y utilizando la remolacha que existe en el país.

Datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el IV Censo Nacional Agropecuario del 2004, indican que en los años 2002-2003 en Guatemala se contaba con una producción de 90848 quintales de remolacha y una superficie de cosecha de 407 manzanas, por lo que se

puede notar que ésta es abundante en el país. Por consiguiente, el aprovechar la gran producción de remolacha que existe en el país, permite la elaboración de un suplemento deportivo que mejore el rendimiento, siendo este de menor costo comparado con el resto de los encontrados en el mercado; y al mismo tiempo beneficia a los atletas de la selección y preselección juvenil guatemalteca, ya que contribuye a mejorar su rendimiento físico sin generar riesgos o daños para su salud. Cabe mencionar que con dicho jugo se beneficia a toda la comunidad deportiva que se interesa por conseguir suplementos deportivos naturales y económicos.

IV. HIPÓTESIS

Hipótesis alternativa 1:

El consumo de jugo de remolacha tiene un efecto sobre el consumo máximo de oxígeno de los atletas en el rendimiento físico de los atletas guatemaltecos de los grupos de deporte juvenil de la CDAG (Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala).

Hipótesis nula 1:

El consumo de jugo de remolacha no tiene un efecto sobre el consumo máximo de oxígeno en de los atletas guatemaltecos de los grupos de deporte juvenil de la CDAG (Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala).

Hipótesis alternativa 2:

El promedio de la frecuencia cardíaca de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es menor que el promedio de la frecuencia cardíaca de los atletas que consumieron el placebo.

Hipótesis nula 2:

El promedio de la frecuencia cardíaca de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es mayor o igual que el promedio de la frecuencia cardíaca de los atletas que consumieron el placebo.

Hipótesis alternativa 3:

El promedio del porcentaje de recuperación al minuto 1 de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es mayor que el promedio del porcentaje de recuperación al minuto 1 de los que consumieron el placebo.

Hipótesis nula 3:

El promedio del porcentaje de recuperación al minuto 1 de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es menor o igual que el promedio del porcentaje de recuperación al minuto 1 de los que consumieron el placebo.

Hipótesis alternativa 4:

El promedio del porcentaje de recuperación al minuto 2 de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es mayor que el promedio del porcentaje de recuperación al minuto 2 de los que consumieron el placebo.

Hipótesis nula 4:

El promedio del porcentaje de recuperación al minuto 2 de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es menor o igual que el promedio del porcentaje de recuperación al minuto 2 de los que consumieron el placebo.

Hipótesis alternativa 5:

El promedio del porcentaje de recuperación al minuto 3 de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es mayor que el promedio del porcentaje de recuperación al minuto 3 de los que consumieron el placebo.

Hipótesis nula 5:

El promedio del porcentaje de recuperación al minuto 3 de los atletas que consumieron la bebida de remolacha es menor o igual que el promedio del porcentaje de recuperación al minuto 3 de los que consumieron el placebo.

V. VARIABLES

Cuadro 1. Variables involucradas en la determinación del efecto del jugo de remolacha sobre el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos de deporte juvenil de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala

Variable	Definición conceptual	Naturaleza	Nivel de medición	Relación	Dimensión	Indicadores	Escala
Edad	Tiempo transcurrido desde el nacimiento de un ser humano hasta hoy en día.	cualitativo	Nominal	X	Años		
Sexo	Género de los deportistas	Cualitativo	Nominal	X			Femenino Masculino
Deporte	Categoría de actividad física a la que pertenece cada participante y específicamente el ejercicio en el que se desenvuelven actualmente.	Cualitativo	Nominal	Y		Grupo deportiva y deporte que practica	Grupos deportivos: -De resistencia -arte competitivo y coordinación -combate -Juego de pelota -Fuerza rápida y velocidad Deportes: Bádminton Patinaje judo Voleibol gimnasia artística
Consumo de jugo de remolacha	Ingesta diaria de jugo de remolacha por los deportistas participantes	Cuantitativo	Nominal	X	6mmol de nitrato/100 mL de jugo	Consumo de 250ml de jugo diariamente	Lo consume sí o no

Continuación del Cuadro 1.

Variable	Definición conceptual	Naturaleza	Nivel de medición	Relación	Dimensión	Indicadores	Escala
Rendimiento físico	Grado de mejora posible del desempeño de un atleta de alto rendimiento después de realizar actividad física	Cuantitativo	Nominal	Y	Consumo máximo de oxígeno	Consumo máximo de oxígeno utilizado para la prueba	Hubo un aumento respecto al valor inicial sí o no
					Frecuencia cardíaca	Frecuencia cardíaca alcanzada	Disminuyó respecto a la anterior sí o no
					Recuperación	Porcentaje de recuperación	Aumento respecto al anterior sí o no
Ingesta de alimentos diarios	Ingesta regular de los alimentos que incluyen en la dieta de los deportistas	Cuantitativo	Nominal	X		Frecuencia de consumo de alimentos	Nunca Ocasional Mensual Semanal Diariamente

VI. MARCO TEÓRICO

A. Rendimiento deportivo

El rendimiento físico se puede definir según Billiat (2002) como la acción motriz que permite que la persona manifieste sus potenciales físicos y mentales, lo cual a su vez le permite mejorar las capacidades físicas y la resistencia al ejercicio. Años después, otros autores como Rodríguez y Castellanos (2007) lo explican como una variable que muestra el grado de mejora posible de un desempeño, aprovechamiento o mejora de orden motriz en determinado deporte. Algunos de los factores que pueden contribuir para medir el rendimiento físico son:

- Análisis respiratorio: por medio del cual se puede obtener la fracción de CO₂ exhalada (VCO₂), volumen ventilatorio (VE), tasa de intercambio ventilatorio (RER) y consumo de oxígeno (VO₂).
- Frecuencia cardiaca: se refiere a los latidos del corazón por minuto, para la cual se puede emplear un Polar.
- Lactato en sangre: este se eleva durante el ejercicio ya que hay demasiada demanda de energía, ocasionando una mayor producción del mismo que la capacidad de los tejidos para eliminarlo
- Protocolos de ejercicio: empleados para medir la resistencia durante la actividad física, entre estos se puede utilizar la prueba Cooper.
- Análisis de metabolitos de óxido nítrico: este es necesario realizarlo antes de desayunar, y en el mismo se puede verificar el contenido de NO en la sangre de los deportistas.

1. Tipos de actividad física. Según López y Macaya (2009) para medir el rendimiento físico es importante diferenciar entre los tipos de actividad física, es decir aeróbica o anaeróbica, desde el punto de vista metabólico. Se refiere a un ejercicio aeróbico cuando el deporte debido a su intensidad requiere principalmente de oxígeno para su mantenimiento, a diferencia del ejercicio anaeróbico que tiene una intensidad muy elevada y el organismo no necesita oxígeno. Cuando se inicia cualquier ejercicio, el aire utilizado para respirar y así cubrir las necesidades del cuerpo, hacen que la actividad sea aeróbica; sin embargo, si la actividad eleva la intensidad al punto de necesitar más aire del posible respirar, se convierte en un ejercicio anaeróbico.

La forma de medir la intensidad de un ejercicio aeróbico es por medio de las pulsaciones cardiacas por minuto, tomando en cuenta que la cifra máxima que soporta un corazón sano es de 220. Por lo que para determinar el número de pulsaciones ideal para cada individuo, se debe restar la edad en años a 220. Ahora bien, según el número de pulsaciones alcanzadas durante la actividad física aeróbica se puede categorizar en:

- Suave: del 55 al 60% de la cifra indicada.
- Moderado: del 60 al 75% de la cifra indicada.
- Fuerte: al alcanzar del 75 al 85% de las pulsaciones máximas aconsejadas, y el exceder dicha cifra indica que el ejercicio se convierte en anaeróbico.

(López y Macaya, 2009)

2. Mediciones del rendimiento físico. El rendimiento físico deportivo se puede medir por medio de diferentes pruebas, ya sea que las mismas sean específicas para cierto deporte o que únicamente midan un rendimiento general. Ronceros, *et al* (2005) realizaron un estudio para medir el impacto del consumo de maca fresca en el rendimiento deportivo de deportistas en altura. Para ello, fue necesario medir el rendimiento físico de 10 jugadores de fútbol, para lo cual utilizaron el volumen máximo de oxígeno como indicador. En este estudio la prueba de rendimiento consistía en medir la velocidad máxima alcanzada por los deportistas en una máquina de faja sin fin, durante 12 minutos, para luego ingresarlo en la fórmula de Pugh: $VO_{2max} = vel(km/h) * 3.656 - 3.99 = ml/kg/min$. La misma prueba de rendimiento físico empleó Fernández y Zubeldía (2006) para medir el impacto del entrenamiento de fuerza sobre el rendimiento físico de futbolistas, solo que en lugar de medir la velocidad máxima en un tiempo determinado, establecieron una distancia de 50m. Esto muestra que en cada deporte se pueden adaptar las pruebas de rendimiento según las características del mismo, ya que las mismas serán diferentes para deportes aeróbico que para los anaeróbicos.

Por lo tanto, según Prentice (2001) el rendimiento físico se puede determinar a través el consumo máximo de oxígeno, el cual se refiere al ritmo más elevado al que se puede captar y consumir el oxígeno durante la actividad física. El rendimiento en cualquier deporte requiere de cierto consumo de oxígeno, el cual es aproximadamente igual para todos los individuos. Por lo tanto a mayor intensidad del ejercicio el consumo de oxígeno será mayor, ya que existe mayor oxigenación a nivel muscular. Hay tres factores que determinan el ritmo máximo al cual se puede utilizar el oxígeno: la respiración externa que se refiere a la función pulmonar, el transporte de gas por medio del sistema cardiovascular y la respiración interna que es el uso del oxígeno por medio de las células.

El consumo máximo de oxígeno (VO₂ max) es una característica genética, es decir que los individuos heredan un intervalo del mismo y entre más activa sea la persona más elevado será su VO₂ max dentro del intervalo heredado. Además, un buen programa de entrenamiento puede aumentar el consumo máximo de oxígeno a su límite más alto. El VO₂ max se presenta en volumen de oxígeno en relación con el peso por unidad de tiempo es decir ml/kg/min Se dice que una persona en reposo consume aproximadamente 3.5ml/kg/min y un deportista puede alcanzar valores máximos tan elevados como 80ml/kg/min, es decir casi 23 veces el valor de reposo (Prentice, 2001).

El consumo máximo de oxígeno se determina por las propiedades funcionales y metabólicas de las fibras musculares esqueléticas. Por ello es importante mencionar que existen dos tipos de fibras musculares: las de contracción rápida que no dependen del oxígeno para contraerse y estas tienden a fatigarse rápidamente, estas sirven en actividades de velocidad o fuerza. Las fibras de contracción lenta necesitan el oxígeno para contraerse y son más resistentes a la fatiga. Las mismas sirven para resistencia a largo plazo como una maratón. Por lo tanto una persona que posee mayor cantidad de fibras musculares de contracción lenta, tendrá un mayor VO₂ max porque utilizará más oxígeno. Cabe mencionar que los músculos se componen de ambos tipos de fibras, lo que varía de un individuo a otro es la proporción de estas, aunque la media es de 50% de contracción lenta y 50% de contracción rápida (Prentice, 2001).

3. Ayudas ergogénicas. Según Gunter, Tschiene y Nickel (2004) se le conoce como ayuda ergogénica a las sustancias, métodos, terapias y/o aparatos, cuyo fin es mejorar el rendimiento deportivo a través de la optimización de la producción de energía o mediante el retraso del cansancio. Estas pueden ser nutricionales, fisiológicas, farmacológicas, psicológicas, mecánicas y sociales. En este caso, las ayudas ergogénicas nutricionales son las que tienen como fin aumentar el tejido muscular, aumentar las reservas energéticas del músculo y elevar los recursos de producción de energía.

En el año 2000, el Instituto Australiano del Deporte creó el Programa de Suplementación para Deportistas, en el cual se clasifican los suplementos deportivos nutricionales en cuatro categorías según su seguridad y efectividad:

Cuadro 2. Clasificación de ayudas ergogénicas nutricionales.

Categoría	Suplemento
Grupo A Suplementos aprobados	Bebidas deportivas, geles, alimentos energéticos, alimentos líquidos, proteínas del suero, barras deportivas, suplementos de calcio, hierro, multivitamínicos y minerales, probióticos para protección intestinal, vitamina D, reposición electrolítica, cafeína, creatinina y bicarbonato.
Grupo B Bajo consideración, requieren más estudio	B-alanina, jugo de remolacha/nitratos, antioxidantes C y E, Carnitina, Colostro, HMB (hidroximetil butirato), aceite de pescado, quercetina, probióticos para función inmune, polifenoles como antioxidantes y antiinflamatorios.
Grupo C Limitadas pruebas de efectos beneficiosos	Ribosa, productos destinados a "lavar" el lactato, coenzima Q10, aminoácidos ramificados, vitaminas cuando son usadas con objetivos diferentes a los postulados en el grupo A, ginseng, hierbas (por ejemplo Rhodiola rosea), glucosamina, picolinato de cromo, agua oxigenada, TCM, ZMA (Zinc monometionina aspartato y magnesio aspartato), inosina.
Grupo D Prohibidos (doping) o con alto riesgo de contaminación	Efedrina, estricnina, sibutramina, metilexamina, androstenediona, dehidroepiandrosterona, tribulus terrestris y otros suplementos de testosterona de origen natural, glicerol, 19-norandrostenediona y 19-norandrostenediol.

(Gancedo, Laiz y Pagani, 2012)

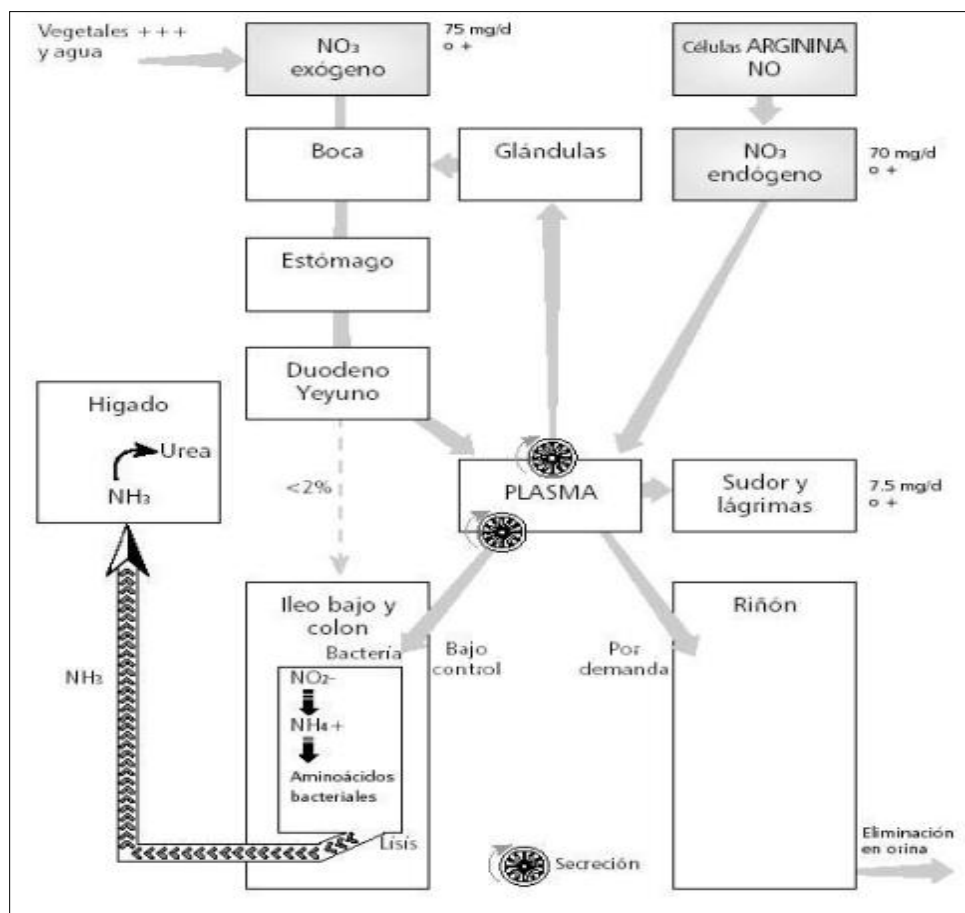
B. Óxido nítrico y sus efectos en el organismo

El óxido nítrico (NO) es una molécula de gas, empleada en la señalización fisiológica del organismo. Al inicio, fue reconocida como un nitrovasodilatador, capaz de provocar la relajación del endotelio vascular. Hoy en día, la molécula de NO ha adquirido gran importancia, por lo que se están estudiando sus beneficios y consecuencias en el área de fisiología y medicina, principalmente. Esto se debe a que se conoce que la misma tiene una gran influencia en diversos procesos fisiológicos, tales como: la captación de la glucosa por el músculo esquelético,

los neurotransmisores, el manejo de calcio por el retículo sarcoplásmico, la respiración mitocondrial y la fatiga del músculo esquelético (Bailey, *et al.* 2010).

1. Efectos de los nitritos y nitratos en el metabolismo. Según explica Weitzberg y Lundberg (2011), se ha comprobado que a partir de los nitritos y los nitratos son incorporados al cuerpo para ser transformados en óxido nítrico y así contribuir con algunas funciones del cuerpo, tal como se muestra en la Figura 1. El óxido nítrico que circula en el organismo proviene de dos fuentes: la síntesis de NO o por medio de la dieta, principalmente de alimentos como los vegetales de hojas verdes y la remolacha. Es importante mencionar que una vez los nitritos o nitratos alcanzan el torrente sanguíneo, puede haber diferentes rutas para la reducción a óxido nítrico; sin embargo, dicha reducción se da principalmente en estados de hipoxia o disminución de pH. Cuando hablamos de hipoxia, nos referimos a la carencia de oxígeno en alguna parte del organismo.

Figura 1. El metabolismo de nitratos en el hombre.



Como se puede observar en la Figura 1, tomada de L'Hirondel los nitratos siempre están presentes en el flujo sanguíneo después de cada comida. En condiciones normales existen dos fuentes de nitratos: la exógena que es a través de los alimentos y la endógena que es por medio a nivel de la actividad celular, como se puede observar en la figura. Se puede notar que ambas fuentes llevan los nitratos al plasma para que estos sean utilizados en diversas funciones.

2. Vías para la reducción a óxido nítrico. Ahora bien, según Bescós (2011), cuando nos referimos a las rutas para la reducción a óxido nítrico en el organismo, podemos mencionar dos vías: sintetasa-dependiente y la sintetasa-independiente.

- La vía sintetasa-dependiente: Esta fue la primera vía metabólica que se descubrió, en la cual la L-arginina es la principal donadora de NO. Esto se da debido a la enzima óxido nítrico sintetasa (NOS), la cual cataliza una serie de reacciones redox para la obtención de L-citrulina y NO, a partir de la L-arginina en presencia de NADPH y O₂. Para ello es importante conocer que existen tres isoformas de la óxido nítrico sintetasa: tipo I (neuronal, nNOS), tipo II (inducible, iNOS) y la de tipo III (endotelial, eNOS). En el caso de la iNOS y la eNOS, son enzimas controladas por el Ca⁺²/calmodulina intracelular. Además, la expresión de la iNOS, también está relacionada a la expresión de las enzimas antioxidantes como la superóxido dismutasa. Ahora bien, la nNOS se induce a nivel de la transcripción genética, siendo independiente de los niveles de calcio, pero es expresada por la actividad muscular, los macrófagos y otros tejidos en respuesta a los mediadores inflamatorios.

La actividad de las enzimas NOS se puede ver afectada por diferentes factores que pueden influir tanto en la concentración de las mismas y sus cofactores como en sus propiedades cinéticas. Cabe mencionar, que en el cuerpo humano existen inhibidores endógenos de las enzimas NOS, como dimetil-arginina asimétrica (ADMA), la cual perjudica la reducción del NO en ciertos estados patológicos, ya que compite con la L-arginina para unirse a NOS (Bescós, 2011).

Como se mencionó anteriormente, la dieta también es importante para la obtención de NO. Según Bescós (2011), se ha demostrado que el consumo de una dieta alta en grasa con niveles elevados de ácidos grasos libres, resulta en la disminución de la fosforilación arterial de eNOS, hipertensión y disfunción vascular, dificultando así la producción de NO. Además, si se añaden altas cantidades de

sacarosa a una dieta alta en grasa, también se puede disminuir la producción de NO y la respuesta vascular mediada por NO. Por el contrario, se ha demostrado que una dieta suplementada con ácido docosahexanoico (DHA), aumenta la actividad de NOS y sus cofactores en el cerebro, hígado y músculo. También es importante, que una dieta que induce la liberación de insulina puede estimular la síntesis de NO en las células endoteliales por medio del incremento en la producción de NADPH y el cofactor tetrahidrobiopterina (BH4), que modula el fluido de sangre en los tejidos.

Por lo tanto, se puede observar que en la vía sintetasa dependiente se requiere de la L-arginina por ser el donador principal para obtener el NO, la cual es un aminoácido esencial que naturalmente constituye la proteína de los alimentos. Los alimentos que presentan niveles elevados de L-arginina son: mariscos, jugo de sandía, nueces, semillas, algas, carne concentrado de proteína de arroz y proteína de soya. El consumo adecuado de dicho aminoácido es de 4-5 gramos al día, y este es absorbido en el intestino delgado y transportado al hígado. Una vez en el hígado, la enzimas arginasa compiten con NOS para tomar la L-arginina, aunque las arginasas toman el 70%. Cabe resaltar, que en los casos donde hay poca ingesta de L-arginina, el hígado es capaz de sintetizarla a partir de la L-citrulina (Bescós, 2011).

- La vía sintetasa-independiente: Dicha ruta metabólica fue descubierta recientemente en los años 90. En este caso, los precursores principales del NO son el nitrito (NO_3) y el nitrato (NO_2). Estos han sido considerados productos inertes de oxidación y se han utilizado como marcadores de la actividad NOS. Sin embargo, se ha descubierto que el cuerpo humano es capaz de reducir dichos compuestos a NO. Existen diversas rutas enzimáticas para la reducción de un electrón de nitrito a NO en la sangre y los tejidos. Esto incluye a la deoxihemoglobina en sangre y las proteínas de los tejidos como deoximioglobina, neuroglobina, citocromo c oxidasa, xantina oxidoreductasa, aldehído oxidasa, e incluso el mismo NOS (Bescós, 2011).

Según Bescós (2011). la vía sintetasa-independiente se diferencia de la dependiente, ya que esta última requiere de oxígeno a diferencia de la independiente que se da fácilmente en estados de hipoxia. Sin embargo, la vía sintetasa-independiente se puede considerar como complementarias a la vía dependiente debido a que puede darse en ocasiones de niveles bajos de oxígeno

en los tejidos, como es en el caso del ejercicio e isquemia de los tejidos. Por lo tanto, la disminución de los niveles de oxígeno durante la contracción muscular y la elevación del nivel de NOS para oxígeno, sugiere que la producción enzimática de NO durante el ejercicio queda comprometida; notándose que el nitrito podría utilizarse como fuente de NO.

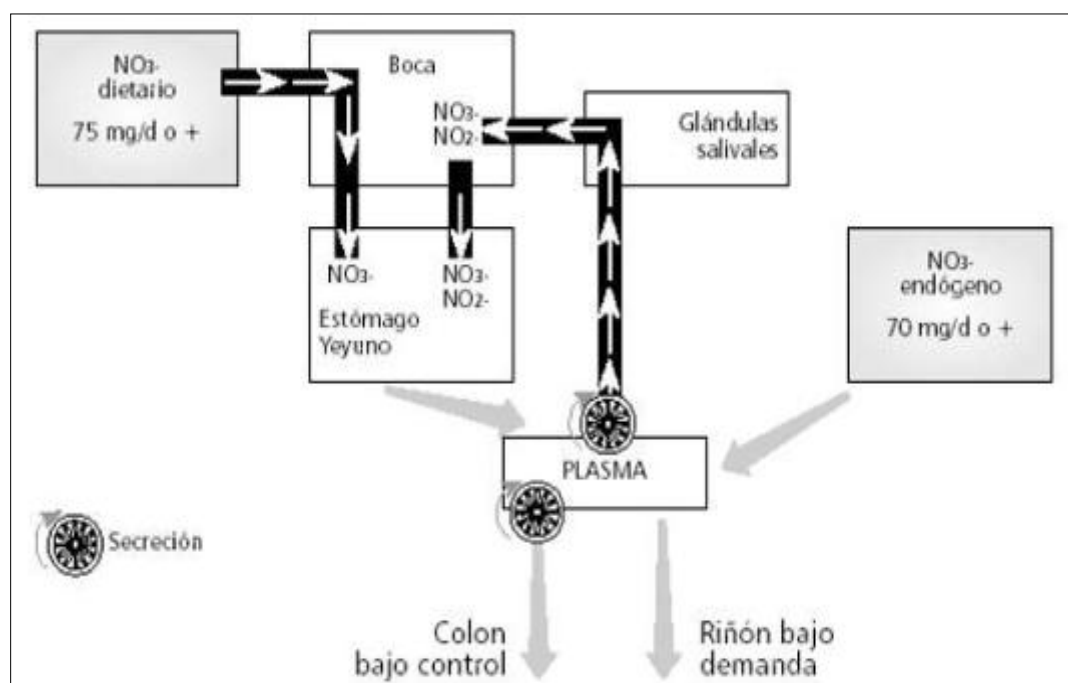
3. Fuentes y metabolismo del nitrito inorgánico. El consumo de nitrito ha sido considerado como cancerígeno y como un residuo tóxico en los alimentos y bebidas, por lo que se ha regulado su consumo en los humanos de la siguiente manera: 5mg de nitrito de sodio o 3.7mg de nitrito/kg de peso. Se dice que estos son cancerígenos debido a un mecanismo en el cual se forman agentes nitrosantes que pueden reaccionar con las aminas obtenidas de la dieta, formando las nitrosaminas, que se conocen por sus propiedades carcinógenas (Bescós, 2011).

Según Bescós (2011), los alimentos que proporcionan mayor cantidad de nitritos a la ingesta de una persona son algunos vegetales como la lechuga, espinaca y la remolacha, que contienen hasta 740mg/100g. Se establece que la ingesta diaria recomendada de nitratos, debe ser de 3.7mg/kg, que equivale a aproximadamente 250mg para un adulto, lo cual se puede notar que al consumir por ejemplo un vaso de jugo de remolacha, contiene al menos el doble de nitratos (Lundberg, 2009) (Hord, Tang y Bryan, 2009). Además, hay alimentos que contienen nitritos como preservantes, como lo es el caso de los embutidos. Es importante destacar que se ha estimado el consumo de nitritos en la alimentación de un adulto, incluyendo tanto las bebidas como los alimentos, siendo este de 100-150mg/día. Como se mencionó anteriormente, el nitrato y nitrito también pueden ser sintetizados en el organismo. El NO obtenido a partir de la L-arginina y las enzimas NOS, se oxidan en la sangre y los tejidos para formar el nitrito y el nitrato, como se muestra en la Figura 3. Por ello, es importante conocer que los niveles normales de nitrito en la sangre son de 20-40 μ M y los de nitrito son de 50-1000nM, tomando en cuenta que dichos valores se pueden ver afectados tanto por la actividad de NOS como por el consumo de estos en la dieta. También se puede mencionar otro mecanismo para manipular los niveles de nitrito, el cual consiste en interrumpir la vía enterosalival, ya sea por utilizar enjuague bucal antibacterial. Esto se ha demostrado mediante el consumo de nitratos que resultan en el incremento de los nitritos.

La activación del mecanismo que genera NO a partir de nitrato está relacionada con la vía enterosalival, sin embargo estos no se han descrito detalladamente aún. A pesar de ello, se conoce que el nitrato circulante es tomado por la glándulas salivales y se concentra en la saliva 10-20 veces más que en la sangre. Aproximadamente el 25% del nitrato circulante ingresa en este ciclo enterosalival, mientras que el resto es excretado en la orina, tal como se muestra en la

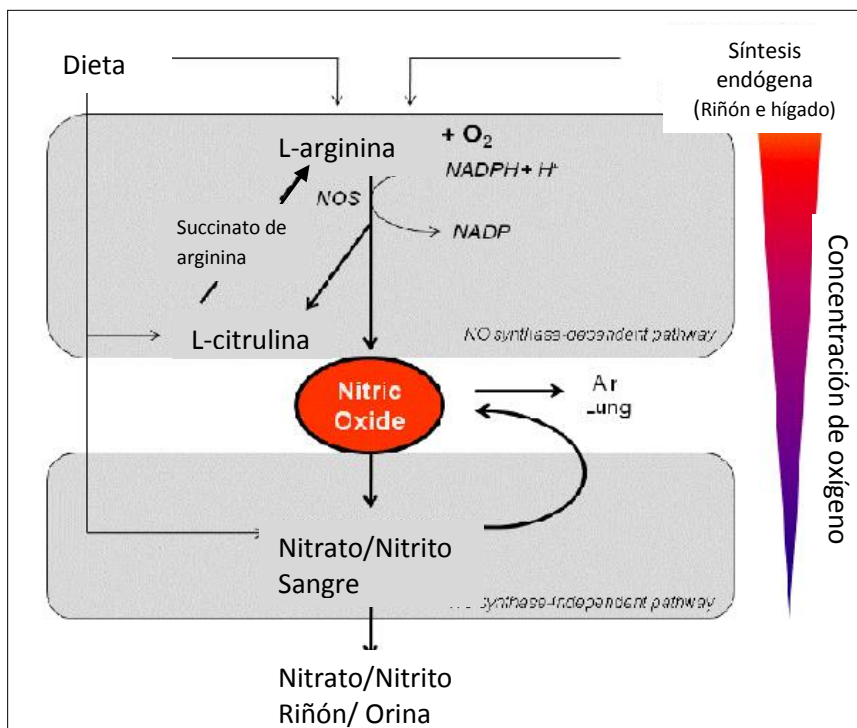
Figura 2. Es importante mencionar que en la boca, en la superficie de la lengua, habitan unas bacterias anaeróbicas que son las encargadas de reducir el nitrato a nitrito por la acción de la enzima nitrato reductasa. En ausencia de oxígeno, las bacterias utilizan el nitrato como un receptor alternativo de electrones para ganar ATP. Una vez, los alimentos son tragados y transportado al estómago, donde parte del nitrito concentrado en la saliva es reducido a NO y el resto es absorbido para incrementar el nitrito plasmático circulante. Dicho nitrito puede ser reducido a NO u otros compuestos nitrogenados en la sangre y los tejidos, bajo condiciones fisiológicas apropiadas (Bescós, 2011) (Lundberg, *et al.* 2006)

Figura 2. Metabolismo de los nitratos en la boca.



Como se puede observar en la Figura 2, tomada de L'Hirondel, el nitrato circulante ingresa al ciclo entero-salival. En la boca, debido a la presencia de la enzima nitrato reductasa, se reduce el nitrato proveniente de la dieta, a nitrito. Dicho nitrito pasa al estómago cuando los alimentos son tragados, donde parte de este es reducido a NO y el resto es absorbido para incrementar el nitrito plasmático circulante

Figura 3. Rutas para la síntesis de óxido nítrico (NO).



Como se puede observar en la Figura 3, tomada de Bescós 2011, la L-arginina es la principal donadora de NO por medio de la vía sintetasa dependiente, y esta se origina tanto por la dieta como por fuentes endógenas. Además, la L-arginina se reduce a NO y L-citrulina en la presencia de NADPH y oxígeno. Dicha reacción es catalizada por la enzima óxido nítrico sintetasa (NOS). Una vez obtenido el NO, parte de este es exhalado por los pulmones y la otra parte se oxida a nitrato y nitrito, los cuales son los principales donadores de NO en la vía sintetasa dependiente. Los niveles de nitratos en sangre son regulados por la oxidación del NO y por la ingesta de alimentos ricos en los mismos. Aproximadamente el 75% del nitrato y nitrito circulante se excreta por medio de la orina, y el resto se reduce nuevamente a NO. Este mecanismo es activado principalmente en estados de hipoxia y acidosis.

4. Beneficios del consumo de nitritos y nitratos. Según Lundberg (2009), algunos de los beneficios terapéuticos de los nitritos ingeridos por vía oral, se pueden observar tanto en el sistema cardiovascular como en el tracto digestivo. Esto se debe a la que la liberación sistémica de los nitritos, en dosis bajas, protege contra lesiones de repercusión isquémica en varios órganos como: corazón, cerebro, hígado y riñones. Sin embargo, también está el nitrito obtenido a través de la reducción de nitratos en el organismo, los cuales pasan al torrente sanguíneo. En

los humanos, la presión sanguínea disminuye después de la ingesta de nitratos en dosis equivalentes a una dieta rica en vegetales. Además, dichos nitratos también previenen la disfunción endotelial después de una isquemia aguda e inhibe la agregación plaquetaria fuera del organismo. También hay estudios que describen los efectos antiinflamatorios de los nitratos y nitritos en el tracto gastrointestinal.

A pesar de que aún no se han llevado estudios que expliquen cómo interfieren los nitritos y los nitratos en los procesos de inflamación vascular, se realizó un estudio que demostró los efectos de la suplementación de nitritos en la dieta sobre los eventos vasculares relacionados asociados con una dieta alta en colesterol. Ratones fueron alimentados con una dieta alta en colesterol, por lo que presentaron signos de patología vascular. Sin embargo, la adición de nitritos al agua prevenía dichos signos, lo cual incluso resulta importante para la prevención de aterosclerosis (Lundberg, 2009).

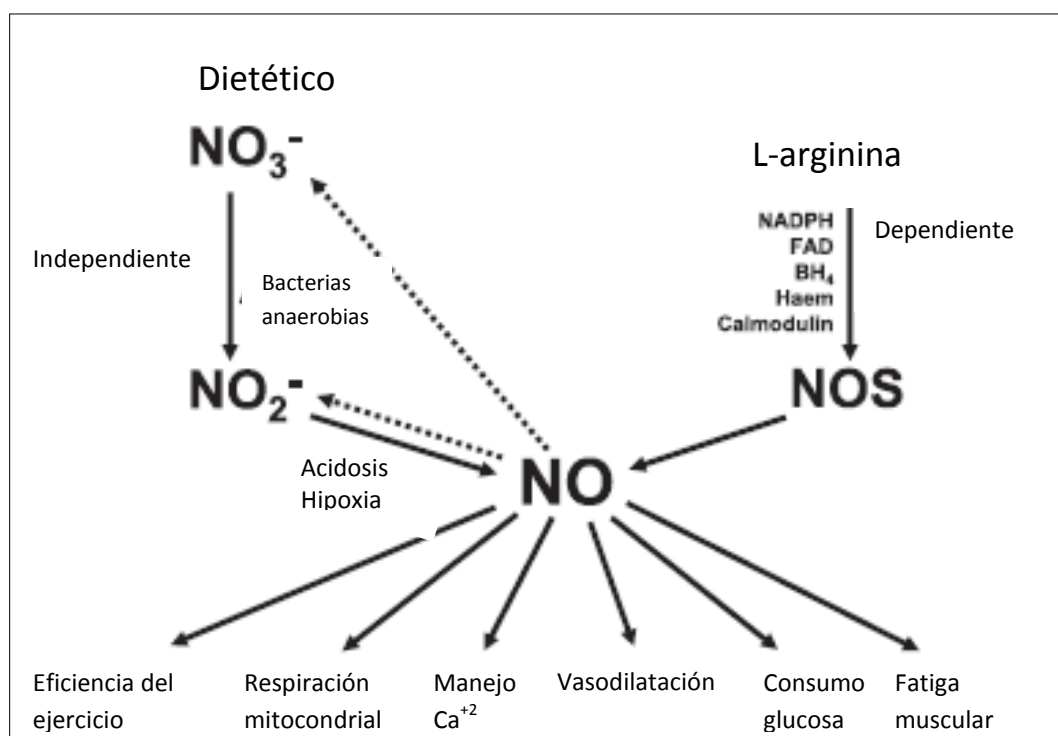
C. Óxido nítrico y el ejercicio

Según Bescós (2011), la actividad física puede estimular la síntesis de NO en el tejido endotelial, por dos mecanismos: químico o físico, como se muestra en la Figura 4. El estímulo químico se origina de la interacción de un agonista endógeno o exógeno que posee receptores específicos presentes en las células endoteliales, como por ejemplo la acetilcolina, ATP y bradiquinina. Durante la actividad física, justamente, se liberan dichas moléculas; como es el caso de la unión neuromuscular de los nervios motores, los cuales sintetizan, almacenan y liberan acetilcolina, y son una fuente fisiológica de dichos compuestos durante el ejercicio. Además, se sabe que las células rojas pueden liberar ATP y la actividad muscular incrementa los niveles intersticiales de bradiquinina durante el ejercicio intenso.

La estimulación física se debe a la fuerza que la sangre hace sobre las paredes de las arterias, conocido como esfuerzo cortante. Este mecanismo promueve la formación de NO, aunque cabe mencionar que no está completamente claro aún. Sin embargo, se sabe que las células endoteliales tienen mecanoreceptores, que activan directamente las proteínas G, los canales iónicos y las enzimas del grupo de la protein-kinasa y la fosfatasa, que a su vez promueven la formación de mensajeros secundarios como el cGMP. Estudios en humanos y animales han revelado que dicho esfuerzo cortante, inducido por el ejercicio, es un estimulante poderoso para la liberación de factores vasorrelajantes producidos por el endotelio vascular (NO) e incrementa la expresión del NOS endotelial y neuronal. Por dicho motivo, los efectos beneficiosos del ejercicio en enfermedades cardiovasculares se han relacionado con una mayor producción de agentes vasodilatadores derivados del endotelio, como el NO (Bescós, 2011).

Por dichos motivos, se puede notar que la actividad física tiene un efecto protector en la integridad del endotelio, ya sea por el incremento de la producción de NO para preservar el mismo o por medio de la reparación de la disfunción endotelial. La magnitud del beneficio de realizar ejercicio depende de la intensidad o la cantidad de entrenamiento. Por lo tanto, un entrenamiento corto incrementa rápidamente la bioactividad del NO, tomando en cuenta que el ejercicio se debe de mantener y ser constante, y esto contribuye a la remodelación arterial y la normalización estructural. Ahora bien, una actividad física de moderada o alta intensidad, es necesaria para impactar la función endotelial en sujetos sanos y asintomáticos (Bescós, 2011).

Figura 4. Beneficios obtenidos a partir de la obtención de óxido nítrico en el organismo.



Como se puede observar en la Figura 4, tomada de L'Hirondel, tanto si se utiliza la vía sintetasa dependiente o independiente, se obtiene el óxido nítrico, el cual cumple con diferentes funciones fisiológicas en el organismo. Entre las mismas está la eficiencia en la realización de actividad física, la respiración mitocondrial, la vasodilatación, la fatiga del músculo, el uso de glucosa por el músculo esquelético y el uso de calcio por el endotelio sarcoplásmico.

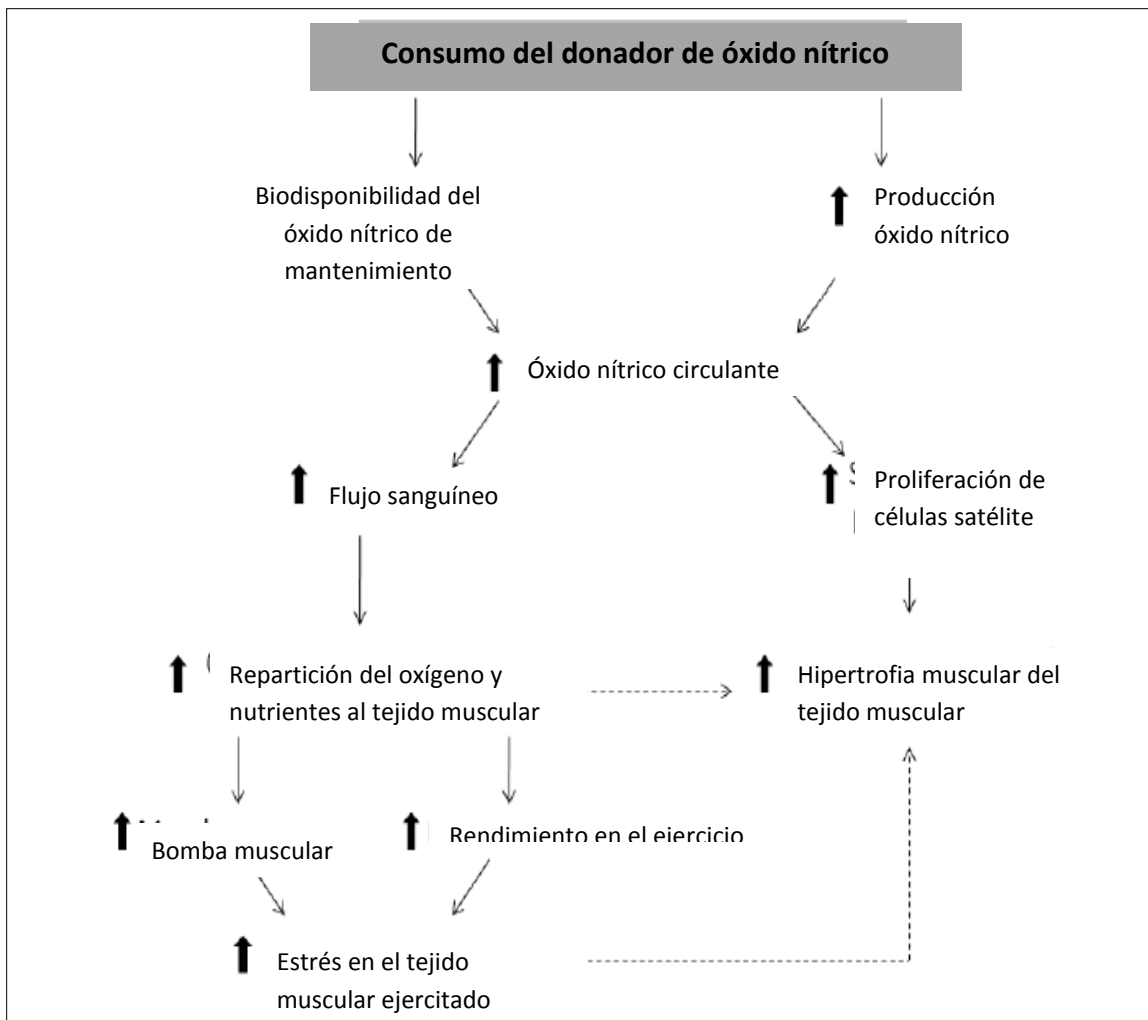
Estudios que muestran efectos del óxido nítrico en el ejercicio:

Se puede notar que hay diversos estudios que demuestran la relación que existe entre los nitratos y nitritos, sobre el rendimiento físico de los deportistas. Entre estos encontramos el de Lasen, *et al.* (2007), quienes llevaron a cabo un estudio para demostrar el efecto de ingerir nitratos a partir de la dieta, sobre el costo de oxígeno durante el ejercicio. Para ello, utilizaron una muestra de nueve hombres deportistas y saludables, a quienes se les practicó pruebas físicas con una bicicleta ergonómica. La prueba consistía en cumplir con 5 niveles de esfuerzo seguidos, sin descanso, con una duración de 5 minutos cada uno. Una vez completados los niveles, los sujetos debían descansar 8 minutos y luego debían pedalear todo el tiempo que aguantaran, en un rango que correspondía a su máximo consumo de oxígeno, el cual había sido previamente calculado. Los signos que se evaluaron fueron el consumo máximo de oxígeno (VO₂), la presión arterial, la frecuencia cardíaca y pruebas sanguíneas para verificar el hematocrito, hemoglobina y niveles de lactato.

El estudio anterior demostró que efectivamente hay una disminución del consumo de oxígeno durante la actividad física, después de llevar a cabo una dieta rica en vegetales que contienen nitratos. Cabe mencionar que la cantidad de vegetales consumidos, fue establecida con base en cantidades aceptables que cualquier persona saludable podría consumir. Los resultados obtenidos, mostraron que no hubo un incremento del lactato en el plasma, indicando que la producción de energía se tornó más eficiente.

1. Suplementos deportivos relacionados con óxido nítrico. Existen suplementos deportivos que sugieren la ingesta de compuestos relacionados con NO, tales como la L-arginina o nitrato inorgánico. Esto basado en los efectos que se dan sobre la regulación del flujo sanguíneo y la respiración mitocondrial del NO durante el ejercicio, como se puede observar en la Figura 5. Se sugiere que el incremento del flujo sanguíneo debido a la ingesta de donadores de NO, pueden mejorar el flujo de sangre y sustratos en los tejidos. Este efecto aumenta la llegada de oxígeno y favorece la eliminación del ácido láctico y otras sustancias de desecho. Dicha respuesta puede mejorar la capacidad de trabajo del músculo y, en general, el rendimiento físico. Además, el incremento del de la actividad física estimula el tejido muscular, generando hipertrofia en el mismo (Bescós, 2011) (Kanil, *et al.* 2010).

Figura 5. Modelo teórico sobre los beneficios propuestos para la ingesta de suplementos de óxido nítrico en la dieta.



Como se puede observar en la Figura 5, tomada de Bescós 2011, se sugiere una suplementación de donadores de NO por medio de la dieta para incrementar la biodisponibilidad del NO en el cuerpo, incrementando el flujo sanguíneo de los músculos activados y disminuyendo la perturbación intracelular (transporte de oxígeno y nutrientes, reduciendo niveles ácido láctico, etc.). La respuesta fisiológica puede incrementar la capacidad de trabajo muscular y el rendimiento físico, aunque dichos donadores de NO también pueden inducir el estrés en el tejido muscular excitado, lo cual puede estimular mecanismos de proliferación celular o hipertrofia.

. Sin embargo, la mayoría de suplementos deportivos, contienen una variedad de ingredientes como creatinina, carbohidratos, aminoácidos, vitaminas, minerales, etc. Esto se debe a que algunos de dichos componentes poseen efectos ergogénicos.

Suplementos deportivos existentes:

Hoy en día, podemos encontrar en el mercado el suplemento para deportistas, conocido como "Beet it", el cual es a base de remolacha. Según Mellentin (2011), dicho producto es una innovación para los deportistas, ya que en los años 1950 se creía que había una asociación entre el cáncer del colon y el consumo de nitritos. Sin embargo, fue en los años 1994 cuando se observó la presencia de NO en el estómago, y se determinó que este contribuye en diversas funciones vitales como la dilatación de los vasos sanguíneos. Además, se encontró que era necesaria la presencia de NO en el ácido clorhídrico del estómago para eliminar a los microorganismos causantes de enfermedad. Fue hasta el 2008, cuando se estableció que el jugo de remolacha efectivamente tiene efectos beneficiosos para la salud de las personas. A partir de las investigaciones, se creó "Heart Beet", que luego se modificó al "Beet it". El producto representaba un reto para los creadores ya que se sabía que a un tercio de las personas les gustaba el sabor y dos tercios lo encontraban difícil de consumir. Por ello, se concentró para permitir que la dosis fuera menor en lugar de tener que tomar la botella de 250ml. A partir de ello, se obtuvieron buenos resultados por lo que se comercializó un shot de 70ml con 5mmol de nitratos, notándose que tanto el olor como el sabor del producto mejoraban bastante.

Cabe mencionar que la remolacha puede oxidarse con facilidad, motivo por el cual se le agrega manzana verde, lo cual sirve como acidificante del medio para que el producto se preserve por más tiempo. La remolacha es un álcali, por lo que es importante ajustar el nivel de acidez. La bebida, se llena en caliente para que no requiera de preservantes químicos, teniendo una vida de anaquel de 10 meses. Otro beneficio de dicho producto, es que posee el logo de "Informed Sports", que es una organización que prueba los productos para proporcionar garantía de que los deportistas no van a fallar las pruebas de drogas debido al consumo del mismo (Mellentin, 2011).

Según Mellentin(2011), "Beet it", es un producto que se está expandiendo en el mercado, ya que actualmente es distribuido por tiendas como GNC, pero pretende abarcar supermercados también. El precio de la botella de 70ml es de \$2.85, lo que equivale a \$40.60 por un litro. La presentación de 250ml se vende a \$2.38, lo que equivale al precio de un batido.

Un estudio conducido en la Universidad de Exeter en el 2010, demostró que el consumo de jugo de remolacha reduce la energía que gasta el músculo. Esto se debe a que el jugo de

remolacha puede aumentar la resistencia debido a su contenido de nitratos, lo cual permite que las personas se ejerciten 16% más (Mellentin, 2011).

2. Efectos del consumo excesivo de jugo de remolacha. Años atrás, los nitratos fueron utilizados como medicamentos para tratar diferentes enfermedades; aunque, con el pasar del tiempo se reemplazaron con otras medicinas, cayendo en desuso. Además, por los años 1950, se investigó los efectos secundarios de las nitrosaminas debido a que en ciertas áreas rurales de Estados Unidos se detectó un aumento de la incidencia de la metahemoglobinemia infantil y también se descubrieron las propiedades cancerígenas de las nitrosaminas en animales. Por ello, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) establecieron que la dosis diaria aceptable para el hombre es de 3,65 mg/kg de NO₃. En cuanto al agua potable se aceptaba un límite de 50mg/litro, lo cual era aprobado para el consumo humano. Sin embargo, hoy en día la OMS y la FAO han cambiado su perspectiva, ya que no hay evidencia que justifique que el exceso de NO es dañino para la salud (L'Hirondel, s.f.).

Como se mencionó, se creía que los nitratos provocaban la metahemoglobinemia, para lo cual es necesario comprender que la metahemoglobina es un derivado oxidado de la hemoglobina, que se caracteriza por la pérdida de la capacidad de transportar moléculas de oxígeno. Aproximadamente entre el 1-2% de la hemoglobina en los glóbulos rojos está en forma de metahemoglobina, notándose que si la misma aparece en cantidades mayores puede causar cianosis o incluso causar la muerte. Sin embargo, para que se dé la transición de hemoglobina a metahemoglobina, se requiere de un oxidante poderoso como los nitritos. Es por ello que los bebés menores de seis meses poseen un alto riesgo, debido a que no han desarrollado completamente sus sistemas de enzimas protectoras, mientras que en los mayores de seis meses desaparece dicho riesgo.

Según L'Hirondel, en 1984 se decía que los nitratos en los biberones se reducían a nitritos en el colon del bebé, por acción de la flora bacteriana. Sin embargo se rechazó dicha hipótesis debido a que estudios de Bartholomew, demostraron que el 98% de los nitratos provenientes de los alimentos son absorbidos a nivel de la sección superior del intestino delgado. Por ello, se generaron nuevas interrogantes, como el hecho de que la transformación de los nitratos podría llevarse a cabo en el estómago del bebé, debido a la colonización del estómago; Estas fueron rechazadas en 1995, cuando Walker demostró que la secreción de ácido gástrico en niños evita dicha colonización.

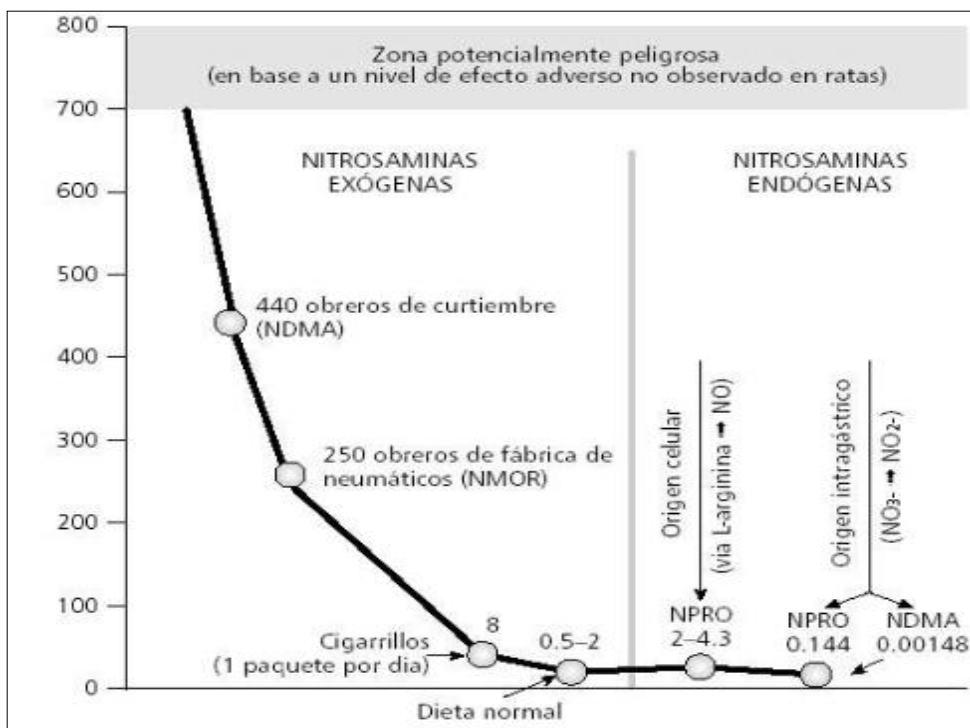
Por lo tanto, se puede notar que la metahemoglobinemia es causada por la ingesta de los nitratos presentes en los biberones de los bebés y no por la ingesta de nitratos en la dieta. Esto se debe principalmente a que no se cumplen las reglas básicas de higiene durante la preparación de los mismos, causando la proliferación de los microorganismos responsables (L'Hirondel, s.f.).

Por otro lado, antiguamente se pensaba que el consumo excesivo de nitratos causaba cáncer, principalmente de estómago. Esto se debe a que, como se mencionó anteriormente, la saliva transforma los nitratos en nitritos que llegan directamente al estómago, los cuales reaccionan con las aminas para formar nitrosaminas. Se ha comprobado que el 90% de estas son carcinógenas en animales, por lo que se dedujo que en los seres humanos también, a pesar de que no se tenían estudios concretos. Más adelante, se rechazó dicha idea debido a diferentes análisis, como:

- Los nitritos en el estómago provienen de nitratos plásmicos y no directamente de nitratos de los alimentos.
- La cantidad de nitrosaminas que se forman en el estómago por el metabolismo de los nitratos en la saliva, es muy reducida. Por ello, no es necesario restringir el consumo, ya que el umbral teórico tóxico es elevado en comparación con las cantidades obtenidas a partir de las nitrosaminas endógenas y exógenas. En general, las nitrosaminas obtenidas por medio de la alimentación y las que son generadas en el estómago durante el metabolismo de los nitratos, no resultan tóxicas para el organismo.
- Todos los estudios, que se realizaron más adelante, sobre la relación entre los nitratos y el cáncer generaron un resultado negativo en los animales, tomando en cuenta que de los estudios realizados en ratas o ratones, ninguno tuvo éxito (L'Hirondel, s.f.).

Según L'Hirondel, se han mencionado otras posibles consecuencias, con base en los nitratos obtenidos por la alimentación: mayor muerte fetal, riesgo de malformación congénita, crecimiento de la tiroides o hipertensión arterial. Sin embargo, el consumo de los nitratos en la dieta no está limitado, puesto que no hay estudios que demuestren alguno de los efectos mencionados, lo cual se puede verificar en la Figura 6.

Figura 6. Comparación de síntesis endógenas y consumos de nitrosaminas.



Como se puede observar en la Figura 6, tomada de L'Hirondel, el cáncer no puede ser causado por el contenido de nitrosaminas formadas en el estómago, debido al consumo de nitratos alimentarios, ya que las cantidades obtenidas son muy pequeñas en relación con el límite de toxicidad.

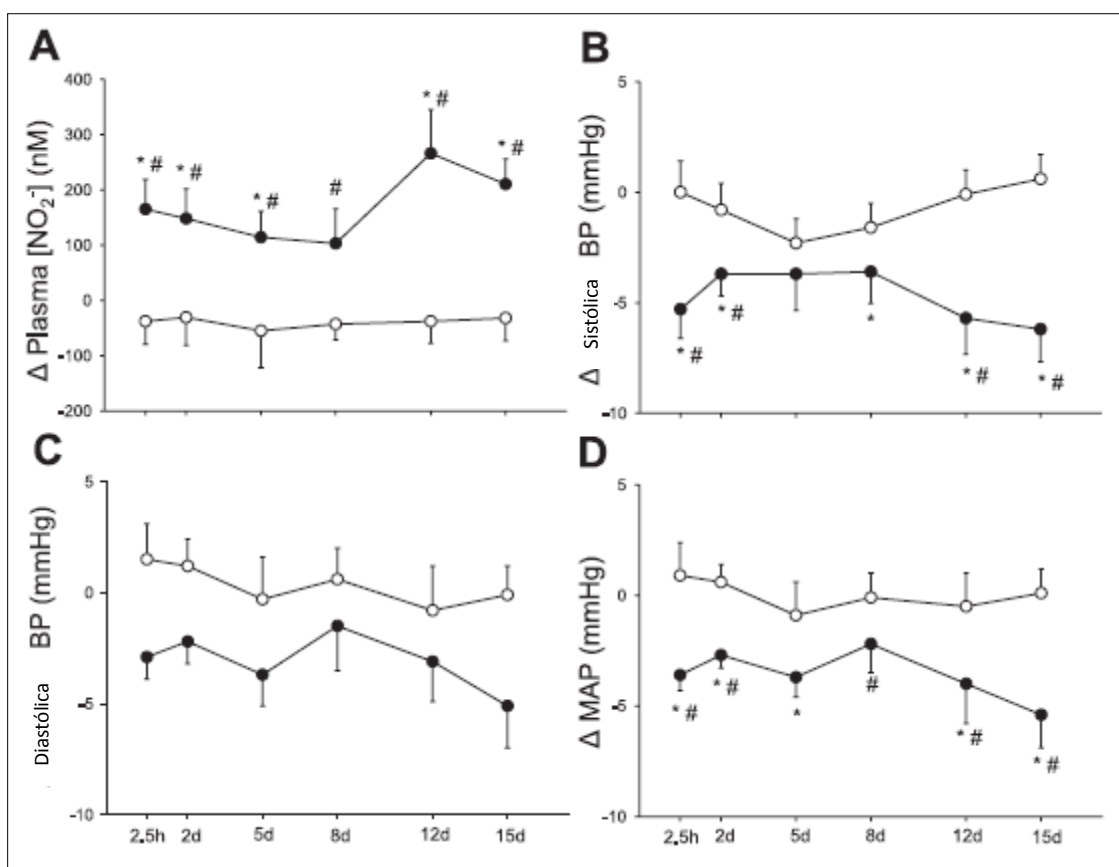
Lundberg, Larsen y Weitzberg (2011), publicaron un artículo acerca de la suplementación con sales de nitritos y nitratos para deportistas. Este menciona una diferencia muy importante entre ambas sales, ya que mientras los nitratos no son tóxicos, aún en cantidades elevadas, los nitritos pueden causar daños severos al organismo, en cantidades pequeñas. Es por ello que las cantidades normales para el consumo de nitritos es de 100-200mg/kg. El problema de consumir los nitritos, consiste en que reaccionan rápidamente con la hemoglobina causando en estos casos la metahemoglobinemia o hipotensión. Incluso, se supo de un deportista que por confusión ingirió nitritos en lugar de nitratos, lo cual provocó los síntomas de metahemoglobinemia. Además, es importante resaltar que al consumir nitratos, una parte muy pequeña es reducida a nitritos en el organismo, por lo que esto no genera ningún riesgo de toxicidad o daño al sujeto.

La conclusión principal de dicha publicación es que las fuentes naturales de nitratos como vegetales enteros o en jugos, no representan ningún peligro para el cuerpo, ya que la concentración es muy baja en comparación con la necesaria para causar un daño. Por lo tanto, la única población que tiene un riesgo con dicho consumo, son los bebés. (L'Hirondel, s.f.).

3. Estudios previos elaborados con jugo de remolacha

a. Efectos sobre la presión arterial. Vanhatalo, *et al.* (2010), realizaron un estudio para comprobar los efectos agudos y crónicos de la suplementación de nitratos por medio de la dieta, sobre la presión arterial y la respuesta fisiológica a la actividad física de intensidad moderada. Para ello, se utilizó una muestra de ocho participantes, dentro de los cuales se contaba con tres mujeres, con edades promedio de 28 ± 7 años. En este se utilizó el producto "Beet it", del cual cuatro participantes debían tomar 0.5L/día con una cantidad de 5.2mmol de nitrato y los otros cuatro consumían un jugo sin nitratos, que era el placebo. Ambos fueron consumidos por 15 días.

Figura 7. Cambios en la base plasmática, presión sistólica, presión diastólica y la presión arterial media, entre el grupo placebo y el experimental con suplementación de jugo de remolacha.



Como se puede observar en la Figura 7, tomada de Vanhatalo, *et al.* 2010, que los círculos rellenos son los resultados del grupo experimental que ingirió el jugo de remolacha por 15 días y los círculos huecos los resultados del grupo que ingirió el placebo. Se puede observar que existe gran diferencia entre ambos grupos, notándose que tanto la presión sistólica, diastólica y la presión arterial media son inferiores tras la suplementación con jugo de remolacha. En el caso de los niveles de base, es mayor el contenido sanguíneo en los participantes que consumieron el jugo de remolacha, debido a la ingesta de los nitratos.

Al finalizar el estudio, se obtuvo que ingiriendo aproximadamente 0.07mmol/kg de nitratos, se pudo alcanzar la disminución de la presión sistólica, diastólica y la media de la presión sanguínea. Además, el consumo de oxígeno (VO₂), en actividad física moderada, se disminuyó tras 2.5h después de la ingesta del jugo de remolacha, y dichos efectos se mantuvieron por los 5 a 15 días después, de haber iniciado.

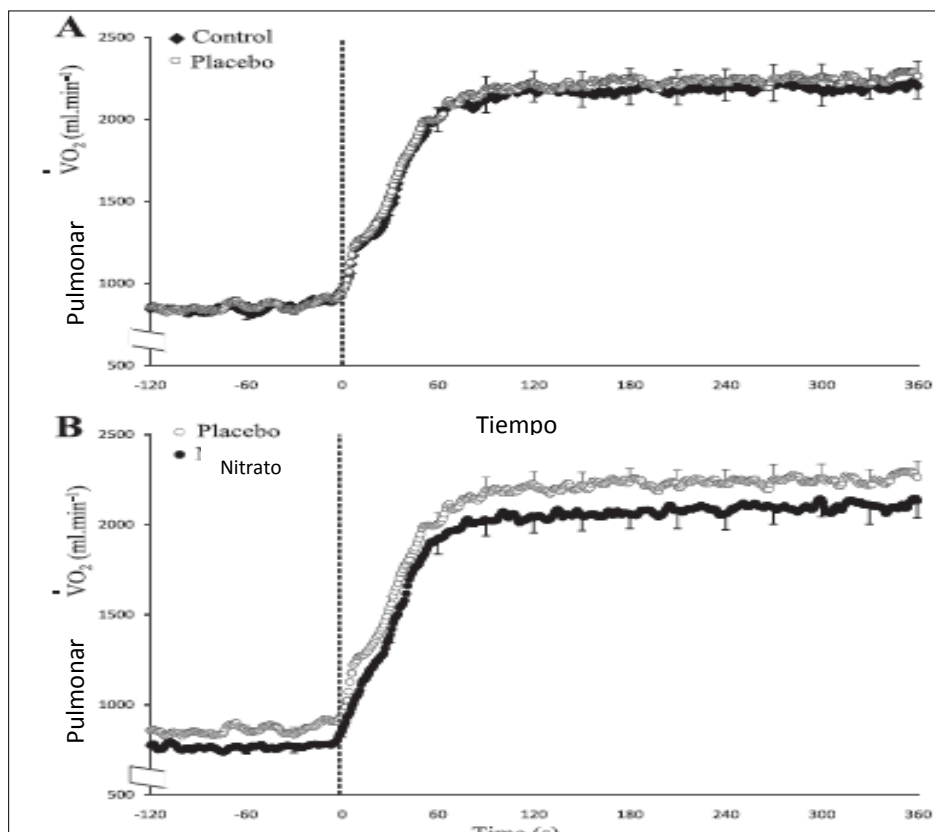
b. Efectos sobre la concentración de oxígeno. Más adelante se llevó a cabo otro estudio realizado por Vanhatalo, *et al.* (2011), en el cual su objetivo principal fue comprobar si el nitrato contenido en el jugo de remolacha reduce la perturbación metabólica y promueve la tolerancia del ejercicio en estado de hipoxia. Para comenzar, es necesario conocer que el estado de hipoxia puede desarrollar consecuencias en el metabolismo de la energía del músculo esquelético y puede generar fatiga durante la actividad física realizada. Es por ello que cuando se respira gas con poco contenido de oxígeno, se reduce el O₂ en la circulación y se aumenta el flujo sanguíneo, aumentando la perturbación metabólica del músculo, ya que se requiere de otros reguladores para mantener la oxidación del ATP en el mismo. Por lo tanto, en estado de hipoxia se acelera la depleción muscular de PCR y glucógeno, y si acumulan metabolitos como el ADP, H⁺ y fósforo, que contribuyen a que la tolerancia al ejercicio sea menor.

Continuando con el estudio, se tomó una muestra de nueve sujetos sanos de 28 ±7 años, quienes se entrenaron moderadamente en un deporte recreativo. Los mismos recibieron indicaciones de no realizar ejercicio 24hrs previas a la prueba, no consumir alcohol, cafeína, enjuague bucal antibacterial o alimentos ricos en nitrato como vegetales de hojas verdes, carne procesada y remolacha. Los sujetos fueron sometidos a pruebas de actividad física con diferentes resistencias, tomando en cuenta que unos respiraron aire con poca cantidad de oxígeno y otros con cantidades normales, por 15 minutos previos al ejercicio. Además, los participantes recibieron tomas de 0.75L de jugo de remolacha con 9.3mmol de nitratos y otros 0.75L de jugo de remolacha con 0.006mmol de nitratos (control). Dicha suplementación se realizó en tres tomas distribuidas 24, 12 y 2.5 horas antes de realizar la prueba física.

Al finalizar la investigación, se obtuvo que el consumo de nitratos por medio de la dieta, en personas con hipoxia puede reducir la perturbación metabólica del músculo durante el ejercicio, e incluso puede mejorar la tolerancia al ejercicio, hasta alcanzar niveles normales. Esto se observó en la actividad física intensa, en la cual se analizó los valores de PCR, fósforo, ADP y el pH, los cuales en los sujetos que ingirieron el jugo de remolacha, se asemejaban cada vez más a los valores normales de los sujetos control. Por lo tanto, el consumo de nitratos por medio de la dieta, resultó en un 50% más del nitrito en plasma y una reducción significativa de la presión arterial, demostrando mayor biodisponibilidad del NO, comparado con el placebo.

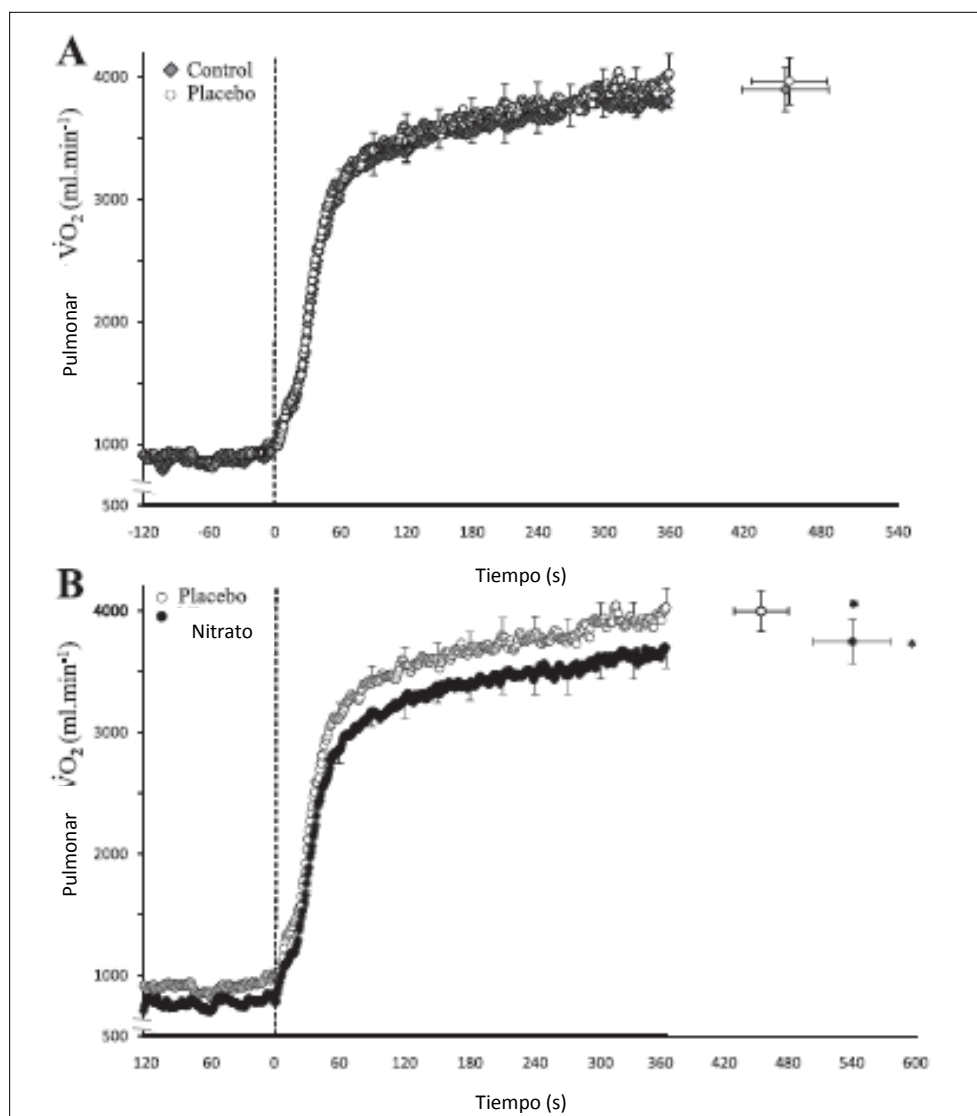
Otro estudio realizado por Lansley, *et al.* (2010) demostró que el consumo de jugo de remolacha reduce los costos de oxígeno y la frecuencia cardíaca al caminar y correr. Para ello, se utilizó una muestra de nueve hombres saludables y deportistas de 22 ± 4 años, a quienes se les suministró, por seis días, 0.5L de jugo de remolacha con 6.2 mmol de nitratos y para el control, 0.5L de jugo de remolacha con 0.003 de nitratos. A continuación se muestran los gráficos de resultados.

Figura 8. Consumo de oxígeno durante la actividad física moderada de los deportistas, después del consumo de jugo de remolacha y el placebo.



Como se puede observar en la Figura 8, tomada de Lansley, *et al.* 2010, el placebo como el control manejaron valores muy similares del consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$). Sin embargo, los participantes que recibieron suplementación con el jugo de remolacha, muestran una disminución del $\dot{V}O_2$, es decir que requieren menores cantidades de oxígeno para realizar la misma actividad física moderada.

Figura 9. Consumo de oxígeno durante la actividad física intensa de los deportistas, después del consumo de jugo de remolacha y placebo.

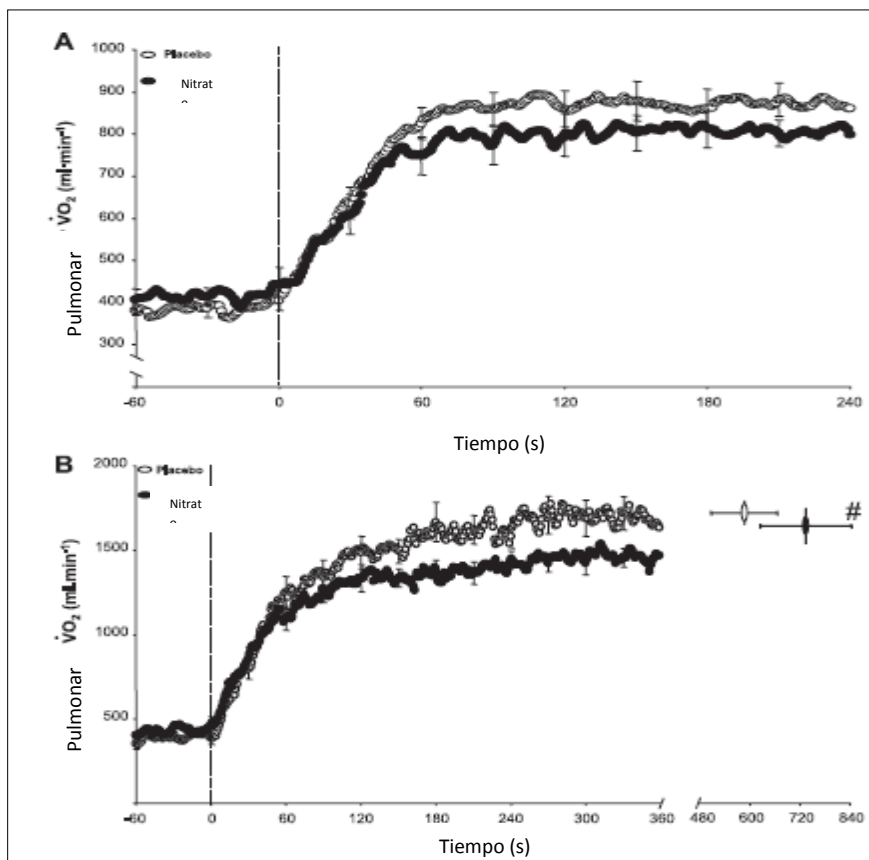


Como se puede observar en la Figura 9, tomada de Lansley, *et al.* 2010, tanto el placebo como el control manejaron valores muy similares del consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$). Sin embargo, los participantes que recibieron suplementación con el jugo de remolacha, muestran

una disminución del $\dot{V}O_2$, es decir que requieren menores cantidades de oxígeno para realizar la actividad física intensa. A diferencia de la actividad física moderada, en este caso se manejan mayores niveles de oxígeno pero siempre con el comportamiento casi igual.

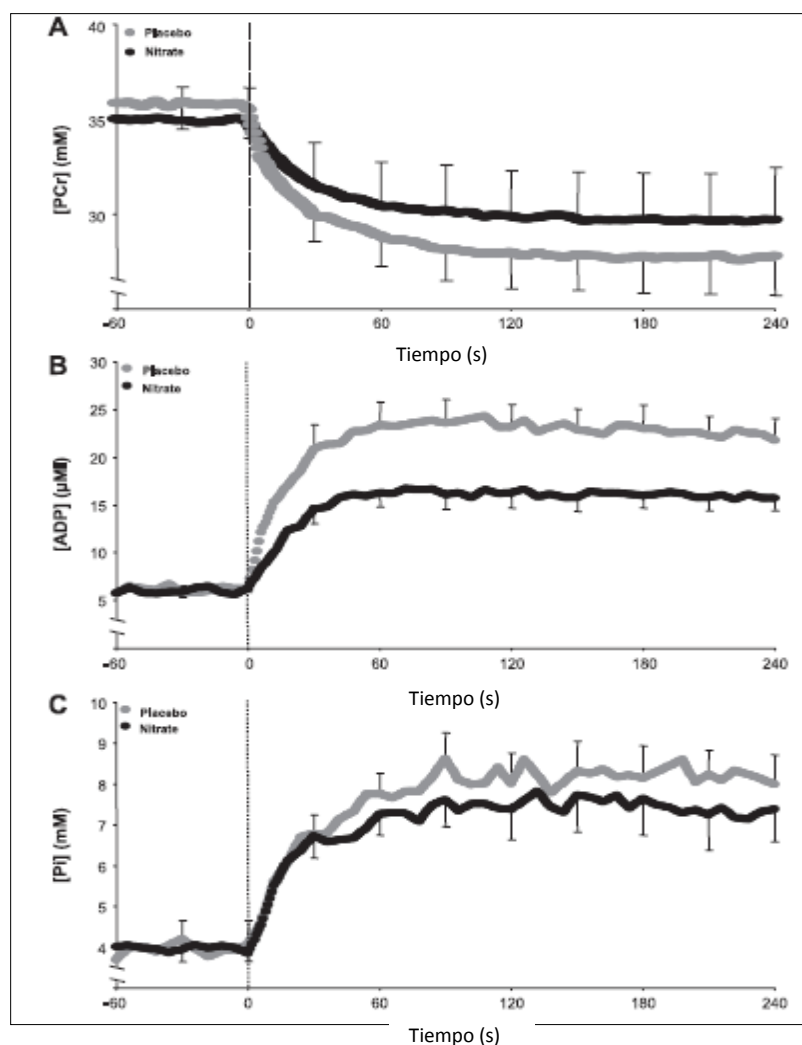
c. Efectos sobre la contractibilidad del músculo. Bailey, *et al* (2010) llevaron a cabo un estudio a cerca de la suplementación con nitrato para el mejoramiento de la contractibilidad del músculo durante ejercicios de extensión de rodilla. Para ello se realizó un estudio con siete hombres en edades de 19-38 años, a quienes se les administró 500ml/día de un jugo de remolacha enriquecido con nitratos, es decir 5mmol de nitratos/día, y al resto un placebo que contenía una cantidad despreciable de nitratos, por 6 días seguidos. Durante los últimos tres días se llevaron a cabo pruebas con series de ejercicios de baja y alta intensidad, para poder determinar el metabolismo del músculo y el consumo pulmonar de oxígeno en respuesta al ejercicio.

Figura 10. Comparación del consumo de oxígeno pulmonar entre un grupo placebo y un experimental que consumió jugo de remolacha, tras realizar actividad física de intensidad leve.



Como se puede observar en la Figura 10, tomada de Bailey 2010, el grupo experimental que consumió el jugo de remolacha, presenta menores concentraciones de oxígeno pulmonar, comparado con el grupo placebo que no ingirió nitratos.

Figura 11. Comparación del consumo de oxígeno pulmonar entre un grupo placebo y un experimental que consumió jugo de remolacha, tras realizar actividad física de intensidad.



Como se puede observar en la Figura 11, tomada de Bailey, *et al.* 2010, el grupo experimental que consumió el jugo de remolacha, presenta menores concentraciones de oxígeno pulmonar, comparado con el grupo placebo que no ingirió nitratos.

Con dicho estudio se concluyó que con la suplementación con nitrato en la dieta se puede doblar la cantidad de nitritos el plasma sanguíneo, lo cual contribuye a disminuir tanto la presión

sistólica como diastólica. El consumo máximo de oxígeno se redujo en los sujetos sometidos a la actividad física de baja y alta intensidad. Dicha reducción fue acompañada de una disminución de los valores de PCR en ambas intensidades, notándose que en el caso del pH, permaneció igual. Cabe mencionar que estos cambios se deben a disminución en la producción de ATP en el músculo, lo cual reduce la perturbación muscular con los nitratos, y permite que el ejercicio sea tolerado por un período de tiempo prolongado.

VII. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materiales

1. Población. Los atletas de la preselección y selección nacional juvenil, de 12 años en adelante, de los grupos de deporte juvenil de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuerza rápida y velocidad, en los deportes de patinaje, bádminton, judo, Voleibol y gimnasia artística.

B. Muestra

1. Cálculo del número de muestra. Se utilizó un muestreo determinístico por conveniencia, por lo que no se calculó muestra sino que se trabajó con 10 sujetos de cada grupo deportivo, elegidos por el departamento de nutrición de la CDAG, para hacer un total de 50 participantes, los cuales deben cumplir con los criterios de inclusión.

2. Criterios de inclusión

- Adolescentes atletas que pertenecen a la preselección y selección nacional de los deportes de patinaje, bádminton, judo, Voleibol y gimnasia artística.
- Personas que no les moleste el sabor de la remolacha (consentimiento previo).
- El participante no debe poseer enfermedades crónicas como diabetes, hipertensión u otros, que pueden interferir con el rendimiento físico de los atletas.
- No presentar lesiones deportivas u otra enfermedad durante el estudio, que interfiera con el entrenamiento y por ende con el rendimiento físico de los atletas.
- No faltar al entrenamiento durante el estudio (período antes y después del consumo del suplemento).
- Los atletas pueden ser del sexo femenino o masculino, siempre y cuando cumplan con los criterios anteriores.

C. Tipo de investigación

Enfoque cuantitativo, de tipo correlacional y diseño experimental de un grado y cinco modalidades.

D. Ubicación

Las pruebas se llevaron a cabo en la Confederación Autónoma de Guatemala ubicada en la 26 calle 9-31 zona 5, Palacio de los deportes.

E. Instrumentos de medición

Se utilizaron diferentes instrumentos, empezando con el consentimiento informado para todos los participantes, quienes debían ser estrictamente voluntarios, este se muestra en el anexo 1. El fin de utilizar el mismo, fue para establecer la participación de los atletas y asegurar la protección adecuada a la privacidad y las necesidades psico-sociales. En el caso de los participantes que no supieran leer, el consentimiento se leería a la persona y el mismo daría constancia de su participación por medio de su huella digital. Cabe mencionar que en el caso de cualquier evento adverso, el participante se podía retirar del estudio, tal como se indica en el consentimiento informado. El plan para el reclutamiento de los participantes incapaces de dar su consentimiento informado, como lo es el caso de los menores de edad, fue el consentimiento informado para los padres o encargados de los menores, tal como se ve en el anexo 2.

Además, se empleó un recordatorio de 24 horas como se muestra en el anexo 3 y una bitácora del consumo del jugo de remolacha y la frecuencia de realización de ejercicio, como se muestra en el anexo 4. Por último se utilizó una frecuencia de consumo, la cual se observa en el anexo 5. Es importante recalcar que todos los datos obtenidos por medio de los instrumentos de medición, serán almacenados en el departamento de nutrición por 6 meses, y luego serán destruidos. Únicamente el investigador principal y el co-investigador, pudieron tener acceso a los datos de los participantes.

F. Métodos

1. Diseño de instrumentos de medición. Básicamente se eligieron los instrumentos de medición que aportaron información acerca de la alimentación de los deportistas, y no información personal de los mismos. Esta información fue codificada por medio de un código que se atribuyó a cada participante, el cual consistió en la inicial del deporte que practica, una C de control o E de experimental y el número respectivo de 1 a 50. Todos los datos obtenidos fueron ingresados en una tabla de Excel. Antes de llevar a cabo la intervención con el jugo de remolacha se llenó el recordatorio de 24 horas para obtener el estimado de calorías que consumen los deportistas de cada categoría. Para ello, se calculó la cantidad de porciones de cada grupo de alimentos que cada atleta consumió en un día y basado en ello ya se determinó la distribución de carbohidratos, proteínas y lípidos en la dieta de cada uno, tomando como base una distribución de 60% de carbohidratos, 15% de grasa y 15% de proteína.

Por otro lado, también se utilizó una frecuencia de consumo para conocer cuáles son los alimentos que conforman su alimentación y así determinar la calidad de sus hábitos alimenticios.

Para su tabulación se cuantifico la cantidad de atletas que se había colocado por cada categoría de la tabla, y se obtuvo el porcentaje según el número de atletas en total por cada categoría deportiva. Además, se utilizó la bitácora de consumo que debían llenar diariamente, para llevar el control de la frecuencia del consumo de su jugo de remolacha, así como de las horas y el ejercicio que realizaba cada uno, esta se observa en el Anexo 4. De este modo se pudo determinar si estaban cumpliendo con los requerimientos del consumo y controlar que mantuvieran el entrenamiento de costumbre.

2. Validación. Para llevar a cabo la validación de los instrumentos de frecuencia de consumo, se utilizó un grupo de cinco atletas de la preselección y selección juvenil de la CDAG, a quienes se les pasaron los instrumentos para ver los cambios que se creían pertinentes realizar. Esto se llevó a cabo con el fin de verificar que los alimentos colocados en el instrumento sean los adecuados para la alimentación del grupo de deportistas, y así lograr que este fuera más preciso y fácil de utilizar. Los atletas que participaron en la validación se obtuvieron de las pruebas sensoriales que se llevaron a cabo en la primera fase del estudio.

3. Selección de la muestra. Se llevó a cabo un muestreo por conveniencia ya que el Área de Nutrición del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte de la CDGA realizó el reclutamiento de los participantes. Se incluyó atletas de 12 años en adelante, debido a que sin importar su edad, los mismos debían pertenecer a la preselección y selección juvenil, y no ser principiantes en el deporte; esto debido a que las rutinas de entrenamiento están más establecidas en los atletas que han practicado el deporte por un tiempo mayor a un año.

4. Recolección de datos. Primero se llevó a cabo el reclutamiento de los participantes en el Área de Nutrición del Departamento de Ciencias Aplicadas al Deporte de la CDGA, quienes seleccionaron a los participantes de cada deporte según los criterios de inclusión (patinaje, bádminton, judo, Voleibol y gimnasia artística). Una vez se obtuvo la muestra, se convocó a los participantes en la CDAG para llenar el consentimiento informado y explicarles a los mismos en qué consistía el estudio y de qué forma debían de contribuir, comiendo como se les indicó y tomando el jugo diariamente, 2 horas previas a llevar a cabo su entrenamiento. Se contó con que los participantes consumieran el jugo, según el consentimiento que firmó cada uno, y en dado caso no lo hicieran, debían registrarlo en la bitácora de consumo. En dicha fase fue importante recalcar a cerca de la importancia de cumplir con lo indicado para que el estudio tuviera mayor validez. Además, no se solicitó ningún dato personal y en el caso de la información alimentaria y de rendimiento físico, se manejó con confidencialidad.

En la misma reunión, junto con el consentimiento informado, se informó a todos los participantes que el estudio no conllevaba ningún riesgo para la salud debido a que la cantidad de nitratos ingeridos a través del jugo de remolacha no representa ninguna consecuencia, tal como se observa en la Figura 6 del Marco Teórico. Por el contrario, se dio a conocer que si el estudio genera resultados positivos, ellos tendrían una mejoría en su rendimiento físico, a través del consumo de una bebida totalmente natural.

La segunda reunión, se llevó a cabo en la sede de cada categoría deportiva, y en esta se llenaron los instrumentos de frecuencia de consumo y el recordatorio de 24 horas, para lo cual se obtuvo la ayuda de una estudiante de quinto año de la Licenciatura en Nutrición, quien se considera una persona capacitada para pasar los instrumentos. Estos se llenaron personalmente en forma de entrevista con cada participante, por lo que se fue haciendo con base a los grupos de deporte. Es decir que se preguntó a cada atleta la frecuencia con la que consumía cada grupo de alimentos, como lo fue en el instrumento de la frecuencia de consumo y para el recordatorio de 24 horas se iba definiendo los alimentos que había consumido el día anterior y en qué proporción, con la ayuda de tazas medidos y sus manos para indicar las cantidades.

Luego, fue necesario llevar a cabo la medición y evaluación preliminar del rendimiento físico de todos los deportistas, según la prueba de esfuerzo máximo basado en el protocolo de Mader, por medio del cual se determinó el consumo de oxígeno indirectamente. Dicha prueba se llevó a cabo en la banda y fue supervisada por el Doctor Carlos Álvarez, para la cual era necesario realizar un electrocardiograma previo en el que se determinaba si el corazón estaba apto para resistir la demanda física. La prueba consistía en iniciar corriendo a 10km/hr y cada vez que transcurría un minuto se aumentaba 1km/hr y se preguntaba al atleta su esfuerzo según una tabla de escala de 1-20, la cual tenían pegada sobre la banda, donde 1 era muy muy suave y 20 era muy muy muy duro (ver anexo 21). Al mismo tiempo, se monitoreó la frecuencia cardíaca a cada minuto por medio del polar. De este modo, cuando el atleta consideraba que no aguantaba más debía decirlo o simplemente saltar fuera de la banda en movimiento, para iniciar los tres minutos de recuperación caminando, en los cuales se medía la frecuencia cardíaca al primer, segundo y tercer minuto. En este caso, no se pidió a los atletas que llevaran un plan específico de entrenamiento para el estudio, ya que únicamente se utilizó el plan de entreno que estaban llevando a cabo en la CDAG como parte de su preparación; por lo que en caso de alguna lesión debida al entrenamiento, los encargados del estudio no fueron responsables y de ser grave el participante debía abandonar el estudio.

Como parte del estudio se llevó a cabo el uso de un grupo control, por lo que la muestra fue de 10 personas por grupo deportivo, de los cuales 5 tomaron el jugo de remolacha y los otros cinco recibieron un placebo. El placebo era un jugo de manzana que contenía colorante para igualar la apariencia del jugo de remolacha, saborizante de Jamaica y splenda, el cual fue elaborado en las instalaciones de la Universidad del Valle de Guatemala. Tanto el placebo como el jugo de remolacha fueron pasteurizados para asegurar su inocuidad y fueron envasados en recipientes PET, los cuales iban sellados a presión. Debido al proceso de la pasteurización el producto fue seguro para el consumo humano, y no hubo problema para llevar a cabo su transporte de un lugar a otro. Una vez recibido el jugo se debía colocar en el refrigerador para que al beberlo fuera más agradable y así se conservara en mejores condiciones, en caso de no contar con un refrigerador se podía almacenar a temperatura ambiente en un lugar que no estuviera expuesto al sol. Cabe mencionar que la formulación del jugo de remolacha se determinó en la tesis de la alumna Violeta Romero, tomando en cuenta que cada toma fue de 250ml. Sin embargo, lo importante es que cada una de las tomas contenía 6mmol de nitratos, los cuales debían ser ingeridos diariamente por los atletas; para mayor información sobre la preparación y formulación del jugo, verificar el anexo 6.

En la segunda reunión, se entregaron los jugos de remolacha y los placebos envasados, para cada día, a los atletas y se les indicó que debían consumirlo de 2.5 a 3 horas antes de llevar a cabo el entrenamiento para obtener mejores resultados, según datos obtenidos en los estudios de Bailey 2010. Cabe resaltar, que previo al consumo, los atletas ya debían haber aprobado el consentimiento donde indican que no poseían alergia a la remolacha o manzana.

Dos semanas después de entregar el jugo, se realizó la segunda medición del rendimiento físico, por medio de las pruebas antes mencionadas en la Confederación Autónoma de Guatemala.

Es importante resaltar que para todas las evaluaciones se contó con la presencia y supervisión de la Licenciada Ana Lucía Hurtado y según el deporte, estuvo presente el doctor encargado y el entrenador de cada grupo deportivo para asesorar el procedimiento de medición del rendimiento físico de los atletas. Una vez obtenidos todos los datos, se realizó el análisis estadístico.

G. Análisis de datos

1. Interpretación del rendimiento del atleta. Para llevar a cabo la interpretación y codificación del rendimiento de los atletas se comparará el consumo de oxígeno antes y después de realizar la prueba de esfuerzo máximo según el protocolo de Mader. El consumo máximo de oxígeno deberá aumentar, ya que los nitratos se convierten en óxido nítrico que es un vasodilatador que permite una mejor circulación de la sangre al músculo, y así mismo generan una mayor tolerancia al ejercicio.

Además, se registrará la recuperación de los atletas, la cual indica su porcentaje de recuperación y la frecuencia cardíaca, los tres minutos después de terminar la prueba. Con ello se puede determinar si hubo una recuperación más rápida, observando que la frecuencia cardíaca sea menor que la anterior y el porcentaje mayor. Esto indica mejoría en la oxigenación del atleta.

2. Análisis de la información del consumo. Los instrumentos para monitorear el consumo serán el recordatorio de 24 horas, la frecuencia de consumo y la bitácora de consumo del jugo. Para el recordatorio de 24 horas, se determinará el número de porciones que hay de cada grupo de alimentos (leche, incaparina, vegetales, frutas, carnes, azúcar y grasas), y estas serán ingresadas en una hoja de cálculo de dietas en Excel. Con ello se determinarán las calorías y la distribución de carbohidratos, proteínas y grasas en la alimentación de cada participante. Dichos datos serán utilizados para calcular la media del consumo de los macronutrientes tanto por categoría deportiva como en general para conocer sobre la alimentación que manejan los atletas. Se compararán los resultados por medio de gráficos.

La frecuencia de consumo será evaluada por medio de porcentajes, es decir que se obtendrá el total de cuántas personas consumen cada grupo de alimentos en el tiempo solicitado (diariamente, semanal, mensual, ocasional o nunca). Con ello se podrá observar si la dieta de los atletas es variada, es decir conocer su patrón de consumo.

La bitácora de consumo de jugo de remolacha será interpretada por grupo deportivo, por lo que se trabajará un hoja de Excel con los nombres de los participantes y su categoría deportiva, además se colocará si el atleta consumió el jugo de remolacha y realizó actividad física diariamente y el promedio de la duración de dicha actividad. Con esta información se podrá conocer si los atletas cumplieron con el entrenamiento establecido y si consumieron el jugo de

remolacha, para que al evaluar a todos los atletas se puedan establecer los mismos parámetros de consumo y así reducir las variables confusoras.

3. Análisis estadístico. Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de diferencia de medias para datos dependientes. Por lo tanto, se empleó el análisis de Shapiro-wilk para muestras menores a 50 participantes, con la cual se verificó la normalidad de los datos y así se determinó la prueba estadística necesaria para determinar la significancia de los datos. Por ello, para los datos que resultaron normales, se realizó un análisis con la t-Student, y para los datos que no se comportaron normales se llevó a cabo un análisis con Mann Whitney.

Para el análisis se utilizarán las siguientes variables: frecuencia cardíaca, porcentaje de recuperación de los atletas y el consumo máximo de oxígeno antes y después de consumir el jugo de remolacha y el placebo.

H. Viabilidad

1. Recursos humanos:

Estudiante: Ma. Gabriela Heyligers Wever

Asesor: Licenciada Ana Lucía Hurtado -CDAG (Confederación deportiva autónoma de Guatemala).

Colaboradores: Violeta Romero, nutricionistas de los distintos grupos de deportes, entrenadores y médicos de equipos multidisciplinarios.

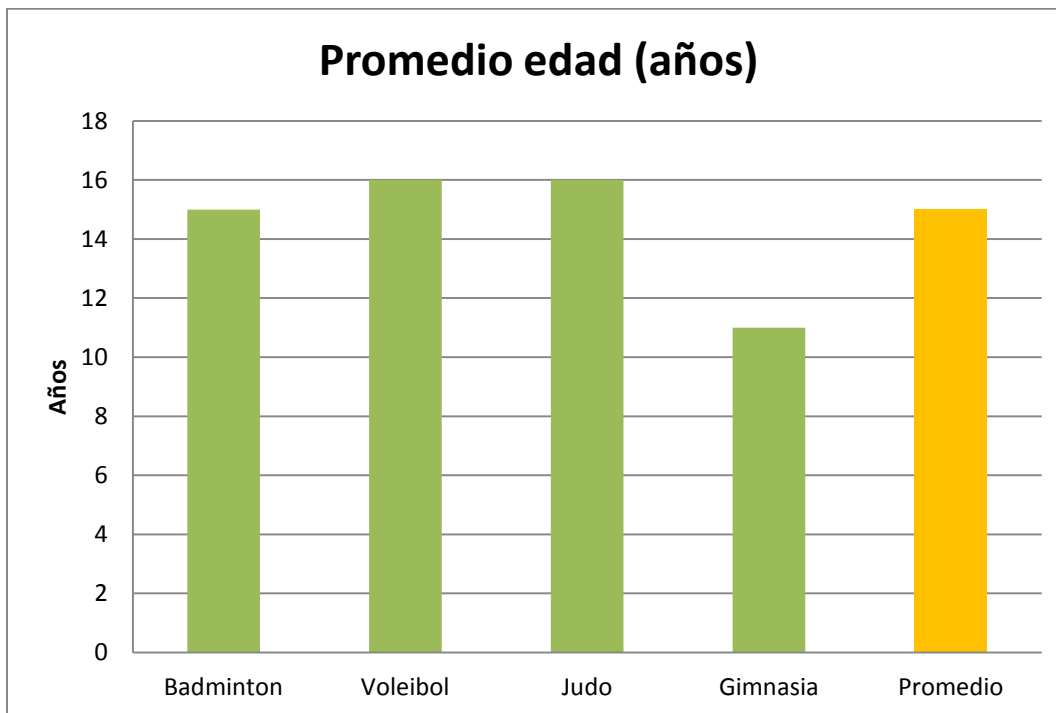
VIII. RESULTADOS

Con base a la metodología planteada y la teoría descrita en el marco teórico a continuación se presentan los resultados para poder cubrir los objetivos planteados.

A. Caracterización de la muestra

A continuación se describirá la muestra final que formó parte del estudio. En el siguiente gráfico se observa la edad promedio de los atletas que participaron en el estudio:

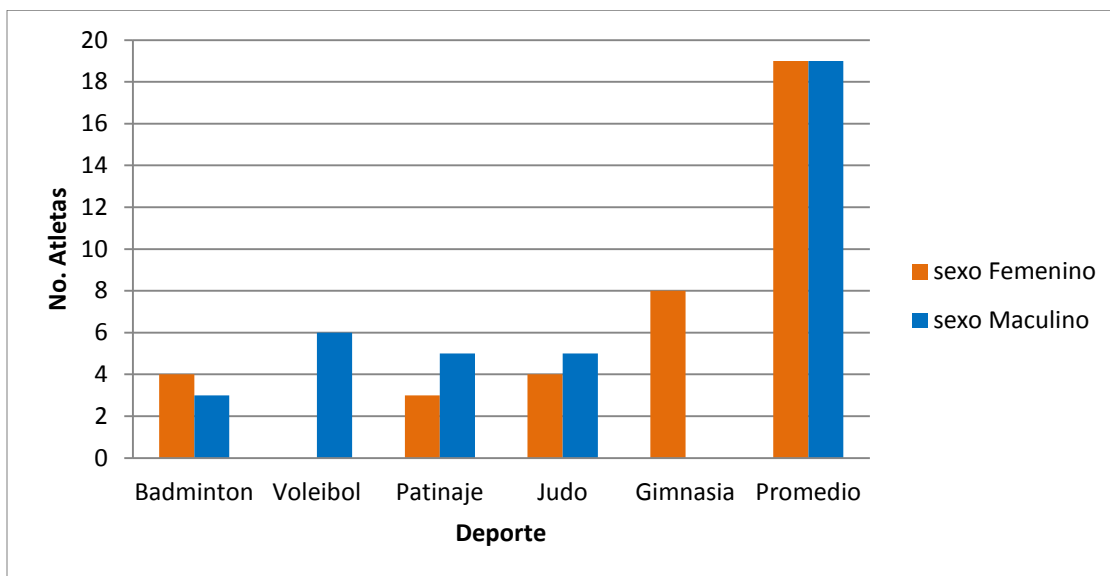
Figura 12. Edades promedio de los atletas por deporte.



La Figura 12 muestra que la edad promedio de los atletas que participaron en el estudio, fue de 15 años, siendo gimnasia artística la categoría deportiva con atletas de menor edad.

A continuación se muestra el total de atletas participantes por cada categoría deportiva, según su sexo:

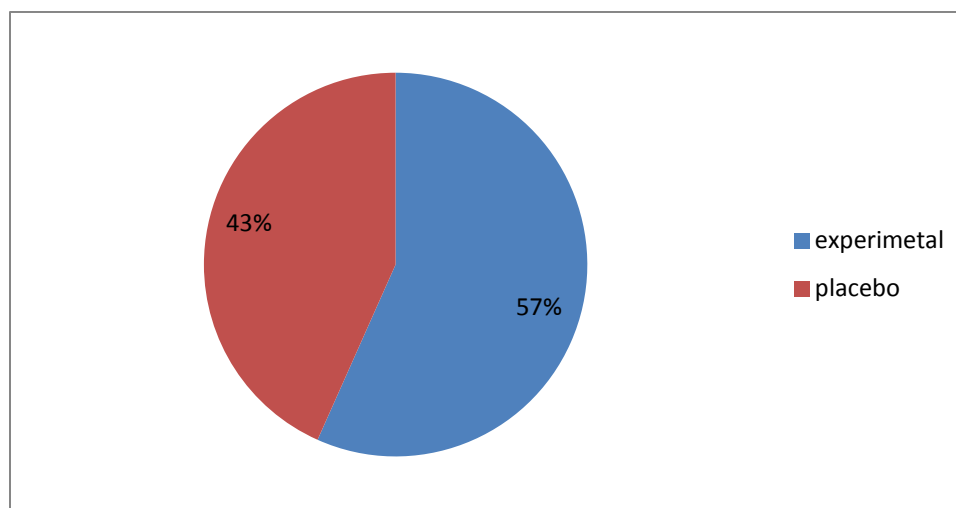
Figura 13. Sexo de los atletas por deporte.



La Figura 13 muestra que hubo igual cantidad de atletas del sexo femenino que del sexo masculino. Sin embargo no se obtuvo la misma cantidad de atletas de cada sexo por categoría deportiva ya que hubo deportes con atletas de un mismo sexo como lo fue en el caso de voleibol y gimnasia.

Además, a continuación se presenta la distribución de jugos brindados a los atletas, es decir entre placebo y experimental:

Figura 14. Porcentaje de atletas que consumieron la bebida experimental y placebo.



Como se puede observar en la Figura 14, el 57% de los atletas consumieron el jugo experimental, es decir el jugo a base de remolacha. El 43% restante consumieron el placebo que no poseía remolacha. Por lo tanto, debido a que algunos atletas ya no pudieron participar en el estudio, no se logró el uso de igual cantidad de cada jugo para contrastar.

B. Evaluación del consumo

Luego se utilizaron los instrumentos de frecuencia de consumo y recordatorio de 24 horas para describir la alimentación de los atletas por categoría deportiva. Estos fueron realizados por única vez al inicio del estudio, con el fin de conocer a groso modo la alimentación de los atletas, ya que dicha variable no fue modificada a lo largo del estudio. Cabe mencionar que para el recordatorio de 24 horas se mostró las tazas medidoras a los atletas para que ellos pudieran ir rescribiendo las cantidades y en el caso de la proteína por medio de la palma de sus manos.

A continuación se muestran los resultados de los instrumentos empleados, iniciando con el recordatorio de 24 horas:

Cuadro 3. Resultados del recordatorio 24 horas.

Deporte	Calorías ingeridas	porcentaje de proteína	Porcentaje de carbohidratos	Porcentaje de grasa
Gimnasia	1191	98	93	106
Bádminton	1566	94	92	122
Patinaje	2036	104	91	114
Voleibol	1623	106	82	135
Judo	1769	109	87	119
Promedio	1637	102	89	119

El Cuadro 3 nos muestra la distribución de proteína, carbohidratos y grasa en la alimentación de los atletas, basado en que el porcentaje de adecuación debe estar entre 90 y 110% para ser adecuado. Por lo que claramente se observa un elevado consumo de grasas en general, resaltando que únicamente las atletas de gimnasia tenía un consumo adecuado. Además, se observa que el consumo de carbohidratos está un poco bajo debido a que los atletas de voleibol y judo mostraron un bajo consumo de los mismos.

Cuadro 4. Resultados de la frecuencia de consumo de las atletas de gimnasia.

Alimento	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Nunca
Verduras	25%	75%	0%	0%	0%
Frutas	75%	25%	0%	0%	0%
Carne	50%	50%	0%	0%	0%
Lácteos	75%	25%	0%	0%	0%
Huevos	0%	88%	13%	0%	0%
Pan	25%	50%	25%	0%	0%
Pan dulce	0%	38%	0%	13%	50%
Tortilla	25%	38%	0%	25%	13%
Gaseosas	0%	0%	38%	50%	13%
Jugos envasados	25%	38%	0%	0%	38%
Comida rápida	0%	0%	38%	50%	13%
Frituras	0%	13%	25%	50%	13%
Sal extra	0%	38%	0%	13%	50%
Dulces	0%	13%	38%	25%	25%
Chucherías	0%	25%	13%	50%	13%
Café	0%	13%	13%	25%	50%
Té	13%	25%	13%	13%	38%
Atoles	0%	25%	0%	25%	50%

*N=8

El Cuadro 4 muestra el consumo de los diferentes grupos de alimentos para la categoría deportiva de gimnasia, observando que la distribución es en su mayoría adecuada; sin embargo se observa que la mayoría consumen las verduras semanalmente y debería de ser diariamente. Además, se observa un alto consumo de jugos envasados, para lo cual sería importante evaluar la calidad de los jugos que consumen para evitar que sean altos en azúcar, sobre todo para un deporte como gimnasia donde el peso es un factor tan importante. Cabe mencionar que todos los porcentajes fueron obtenidos según la cantidad de atletas que eligieron dicha casilla dividido el total de atletas por dicho deporte, y así poder observar la proporción de atletas que consumían cada grupo de alimentos y con qué frecuencia.

Cuadro 5. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de bádminon.

Alimento	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Nunca
Verduras	29%	43%	14%	14%	0%
Frutas	100%	0%	0%	0%	0%
Carne	71%	14%	0%	14%	0%
Lácteos	86%	14%	0%	0%	0%
Huevos	29%	57%	14%	0%	0%
Pan	43%	43%	14%	0%	0%
Pan dulce	0%	43%	0%	14%	43%
Tortilla	14%	29%	43%	0%	14%
Gaseosas	14%	57%	0%	14%	14%
Jugos envasados	29%	14%	43%	14%	0%
Comida rápida	0%	14%	43%	29%	14%
Frituras	0%	43%	43%	14%	0%
Sal extra	14%	0%	0%	14%	71%
Dulces	0%	43%	14%	14%	29%
Chucherías	29%	14%	29%	29%	0%
Café	0%	0%	14%	14%	71%
Té	0%	14%	0%	14%	71%
Atoles	14%	14%	0%	29%	43%

*N=7

El Cuadro 5 muestra el consumo de los diferentes grupos de alimentos para la categoría deportiva de bádminon, observando que tienen un excelente consumo de frutas, mas no de verduras. Además, presentan un alto consumo de chucherías y gaseosas.

Cuadro 6. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de Voleibol.

Alimento	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Nunca
Verduras	67%	33%	0%	0%	0%
Frutas	33%	50%	17%	0%	0%
Carne	83%	17%	0%	0%	0%
Lácteos	83%	17%	0%	0%	0%
Huevos	50%	50%	0%	0%	0%
Pan	100%	0%	0%	0%	0%
Pan dulce	17%	33%	17%	33%	0%
Tortilla	33%	67%	0%	0%	0%
Gaseosas	0%	67%	0%	33%	0%
Jugos envasados	33%	50%	0%	17%	0%
Comida rápida	0%	33%	17%	50%	0%
Frituras	33%	67%	0%	0%	0%
Sal extra	0%	0%	0%	33%	67%
Dulces	17%	17%	17%	33%	17%
Chucherías	17%	50%	0%	17%	17%
Café	17%	0%	17%	50%	17%
Té	0%	0%	17%	83%	0%
Atoles	17%	50%	0%	17%	17%

*N=6

El Cuadro 6 muestra el consumo de los diferentes grupos de alimentos para la categoría deportiva de voleibol, observando que existe un elevado consumo de chucherías, jugos envasados y frituras. Además, se observa que no todos poseen un consumo diario de frutas y verduras, lo cual habría que mejorar.

Cuadro 7. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de judo.

Alimento	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Nunca
Verduras	56%	22%	11%	0%	11%
Frutas	56%	44%	0%	0%	0%
Carne	89%	11%	0%	0%	0%
Lácteos	67%	22%	0%	11%	0%
Huevos	33%	44%	0%	22%	0%
Pan	56%	33%	11%	0%	0%
Pan dulce	11%	0%	0%	56%	33%
Tortilla	33%	44%	11%	11%	0%
Gaseosas	11%	33%	33%	22%	0%
Jugos envasados	22%	22%	22%	33%	0%
Comida rápida	11%	11%	33%	33%	11%
Frituras	11%	33%	33%	11%	11%
Sal extra	0%	0%	0%	0%	100%
Dulces	22%	44%	0%	22%	11%
Chucherías	11%	33%	44%	11%	0%
Café	11%	22%	0%	11%	56%
Té	11%	56%	0%	22%	11%
Atoles	11%	22%	0%	33%	33%

*N=9

El Cuadro 7 muestra el consumo de los diferentes grupos de alimentos para la categoría deportiva de judo, observando que existen atletas que refieren nunca consumir verduras. Sin embargo, se observa un alto consumo de proteínas en relación a la carne, apto para su tipo de entrenamiento. Cabe resaltar que existe un alto consumo de dulces y frituras.

Cuadro 8. Resultados de la frecuencia de consumo de los atletas de patinaje.

Alimento	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Nunca
Verduras	63%	38%	0%	0%	0%
Frutas	63%	25%	13%	0%	0%
Carne	50%	50%	0%	0%	0%
Lácteos	75%	25%	0%	0%	0%
Huevos	63%	38%	0%	0%	0%
Pan	63%	38%	0%	0%	0%
Pan dulce	0%	38%	13%	50%	0%
Tortilla	50%	25%	0%	25%	0%
Gaseosas	0%	25%	63%	13%	0%
Jugos envasados	25%	0%	50%	25%	0%
Comida rápida	0%	0%	75%	25%	0%
Frituras	0%	25%	38%	38%	0%
Sal extra	13%	0%	0%	25%	63%
Dulces	0%	50%	25%	25%	0%
Chucherías	13%	38%	13%	38%	0%
Café	13%	25%	38%	0%	25%
Té	0%	63%	13%	25%	0%
Atoles	25%	38%	13%	25%	0%

*N=8

El Cuadro 8 muestra el consumo de los diferentes grupos de alimentos para la categoría de patinaje, observando no todos refieren consumir frutas y verduras diariamente lo cual habría que mejorar. Además, se puede notar que hay un bajo consumo de alimentos altos en azúcar y grasa, comparado con el resto de categorías deportivas.

C. Pruebas de rendimiento físico

Más adelante se llevaron a cabo las pruebas de rendimiento físico según el protocolo de Mader, por medio del cual se obtuvieron las variables de Frecuencia cardiaca, consumo de oxígeno, y los tiempos de recuperación al minuto 1, 2 y 3 después de realizar la prueba; todas fueron calculadas antes y después de haber tomado la bebida, es decir al inicio y dos semanas

después de su consumo diario. Dicha prueba se llevó a cabo para todas las categorías deportivas en la banda, para evitar variaciones de los resultados. A continuación se presenta el análisis estadístico de las variables de frecuencia cardíaca y los tiempos de recuperación:

Cuadro 9. Prueba T de varianzas iguales para datos normales para identificar la significancia de la frecuencia cardíaca y los tiempos de recuperación.

Variable	Significancia	t experimental	t teórico
Frecuencia cardíaca	0.395	-1.442	1.701
Porcentaje de recuperación al minuto 1	0.635	2.564	-1.701
Porcentaje de recuperación al minuto 2	0.76	2.548	-1.701
Porcentaje de recuperación al minuto 3	0.421	2.104	-1.701

El Cuadro 9 nos indica por medio de la significancia que fue necesario utilizar una prueba T para varianzas iguales, ya que todos los valores fueron mayores que 0.05. Además, se utilizó la tabla para la prueba t de una cola con 28 grados de libertad (ver anexo 18), con la cual se obtuvo el valor teórico T. Por lo tanto, se observa que todos los valores de t no caen dentro de la cola de significancia, por consiguiente no se rechaza la hipótesis nula y se dice que no hay suficiente información para decir que el jugo de remolacha hace una diferencia significativa mayor o igual que el placebo en lo que a frecuencia cardíaca y tiempo de recuperación respecta.

También se llevó a cabo el análisis estadístico con la variable de consumo de oxígeno, tal como se muestra a continuación:

Cuadro 10. Significancia del consumo de oxígeno según la prueba de Mann Whitney.

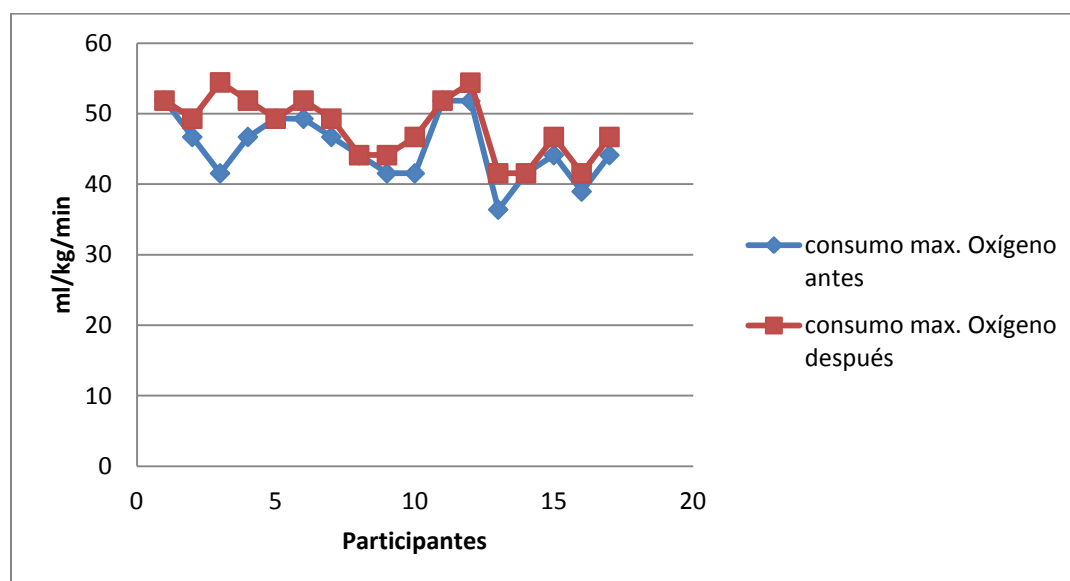
Variable	Bebida	N	rango promedio	suma de rangos	significancia	Nivel de significancia
Consumo de oxígeno	placebo	13	8.54	111	0	0.05
	Experimental	17	20.82	354		

El Cuadro 10 muestra una gran diferencia entre las medias del jugo placebo y experimental. En este caso se utilizó una prueba Mann Whitney de dos colas y con base a la significancia obtenida, la cual fue menor de 0.05, se rechaza la hipótesis nula; es decir que existe una diferencia significativa en cuanto al consumo de oxígeno obtenido para los atletas que bebieron el jugo de remolacha.

D. Consumo máximo de oxígeno

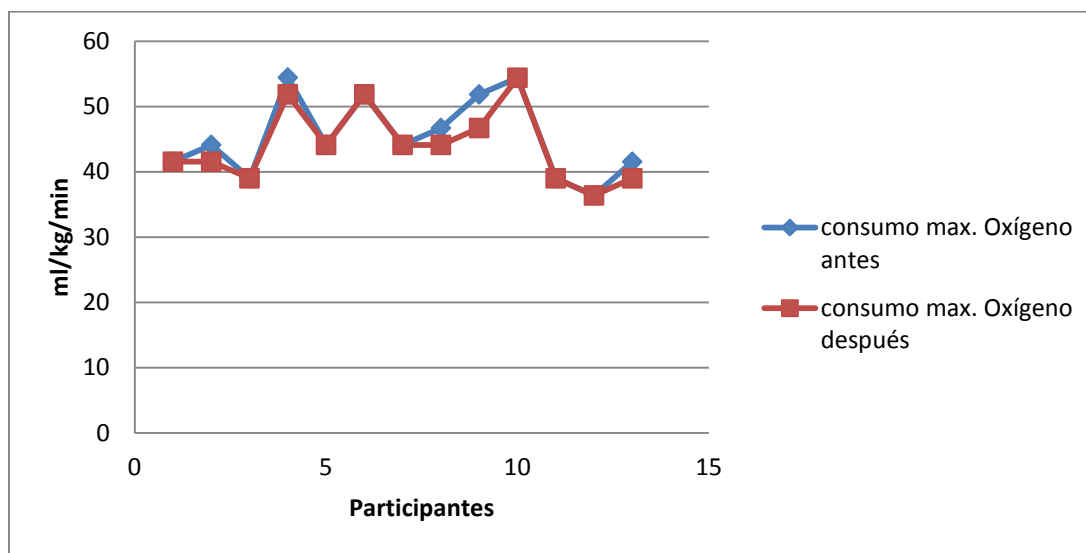
A continuación se presentan los gráficos obtenidos del consumo de oxígeno en los atletas que consumieron el jugo de remolacha y los que consumieron el placebo, antes y después de tomar la bebida, a modo de poder observar la diferencia entre ambos.

Figura 15. Consumo máximo de oxígeno en los atletas que consumieron el jugo de remolacha.



La Figura 14 muestra el consumo de oxígeno obtenido para los atletas que consumieron la bebida a base de remolacha, notándose que en su mayoría aumentó o permaneció igual y no hubo algún atleta con jugo experimental que disminuyera el mismo.

Figura 16. Consumo máximo de oxígeno en los atletas que consumieron el placebo.



La Figura 15 muestra el consumo de oxígeno obtenido para los atletas que consumieron el placebo, notándose que en su mayoría permanecían igual o incluso disminuían y no hubo algún atleta con placebo que aumentara el mismo.

Por último, como parte de los objetivos se deseaba determinar el porcentaje de mejoría del rendimiento basado en el consumo de oxígeno, tal como se muestra a continuación.

Cuadro 11. Porcentaje de aumento del rendimiento físico de los atletas que mejoraron su consumo de oxígeno.

Deporte	Código	Consumo máximo de Oxígeno		Porcentaje de mejoría (%)
		Antes (ml/kg/min)	Después (ml/kg/min)	
Bádminton	BE5	46.7	49.3	6
Voleibol	VE11	41.54	54.44	31
Voleibol	VE12	46.7	51.86	11
Voleibol	VE14	49.28	51.86	5
Voleibol	VE15	46.7	49.3	6
Judo	JE32	41.54	44.12	6
Judo	JE33	41.54	46.7	12
Judo	JE35	51.8	54.4	5
Gimnasia	GE41	36.4	41.54	14
Gimnasia	GE43	44.12	46.7	6
Gimnasia	GE44	38.96	41.54	7
Gimnasia	GE45	44.12	46.7	6
Promedio				10

El Cuadro 11 muestra el porcentaje de mejoría de los atletas que consumieron la bebida a base de remolacha y presentaron una diferencia en cuanto a su consumo de oxígeno obtenido antes y después de ingerir el jugo. En ella se nota que los atletas obtuvieron una mejoría del rendimiento físico del 10%.

IX. DISCUSIÓN

El objetivo principal de la investigación fue determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de atletas guatemaltecos de los grupos deportivos juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuerza rápida y velocidad. Para ello, fue necesario el trabajo de investigación de la alumna Olga Violeta Romero, titulado: “Formulación de una bebida a base de remolacha para deportistas”, por medio la de la cual se obtuvo la bebida utilizada para esta investigación (Ver anexo 6). Por lo tanto, para fines del estudio, también se formuló una bebida placebo, que permitiera tener un parámetro de comparación sobre los resultados obtenidos. Para ello, se utilizó la misma proporción de los ingredientes de la bebida de remolacha, se eliminó la remolacha y se adicionó colorante rojo para obtener la misma apariencia (Ver anexo 7). Cabe mencionar que se consultó al autor de varios estudios sobre el efecto del consumo de jugo de remolacha “Beet it” en deportistas, el profesor Andrew Jones, quien recomendó eliminar la remolacha del placebo ya que el llevar a cabo un proceso de eliminación de nitratos en la bebida es muy caro.

Una vez obtenida la formulación de las bebidas para el estudio, se llevó a cabo el reclutamiento de la muestra, el cual consistía en tomar a 10 atletas de los deportes de judo, gimnasia, voleibol, bádminton y patinaje. Como parte del estudio se entrevistó individualmente a todos los participantes, haciendo uso del recordatorio de 24 horas y la frecuencia de consumo que se muestran en el anexo 3 y 5, con el fin de conocer sobre la alimentación de los mismos. Dichos instrumentos fueron previamente validados por 10 atletas que participaron en las pruebas sensoriales. Para la tabulación, en el caso del recordatorio de 24 horas, fue necesario determinar las porciones de cada grupo de alimentos que consumió cada atleta en un día, con lo cual se pudo hacer un cálculo del porcentaje de carbohidratos, proteínas y grasas que consumen en promedio. Ahora bien, con la frecuencia de consumo se tabuló cada atleta por cada opción de la misma, calculando un porcentaje en base al total de atletas por cada categoría deportiva.

Según el recordatorio de 24 horas, que se observa en el Cuadro 3 de resultados, se obtuvo que los atletas consumen en promedio 1637 calorías al día, con un porcentaje de adecuación de 102% de proteínas, 89% de carbohidratos y 119% de grasa. Al observar detenidamente la ingesta por deportes, se puede resaltar que las atletas de gimnasia tienen la mejor distribución de macronutrientes y la ingesta más reducida de calorías al día, debido a que el peso es muy importante en la práctica de dicho deporte. Además, se observó que en cuanto al consumo de

proteínas todos los atletas estaban dentro del rango de 90-110%, es decir adecuado pero en lo que respecta a grasa todos, excepto gimnasia, tenían un elevado consumo. Ahora bien, en cuanto a los carbohidratos tanto los atletas de voleibol como judo tienen una ingesta baja ya que su porcentaje de adecuación, 82 y 87%, se hallan por debajo del límite inferior de 90%.

También se utilizó la frecuencia de consumo de alimentos en la cual se podía determinar que alimentos incluyen principalmente los atletas en su alimentación. El fin de llevar a cabo dicho instrumento fue caracterizar la alimentación de los atletas, es decir como una variable descriptiva de su alimentación, ya que la misma no fue modificada en el estudio. En el Cuadro 4 de resultados se observan los datos obtenidos para gimnasia, en los cuales se confirma la buena distribución que se obtuvo en el recordatorio de 24 horas, ya que se tiene una alimentación balanceada, lo único que se podría mejorar es disminuir el consumo de jugos envasados por su alto contenido de azúcar y preservantes, y consumir verduras diariamente. Luego en el cuadro 5 de resultados se observan los datos de los atletas de bádminton, quienes deben mejorar su consumo de verduras para tratar de consumirlas diariamente y disminuir su consumo de chucherías, frituras y gaseosas que no aportan beneficios para su organismo. Cabe resaltar que dichos atletas fueron los únicos que indicaron que consumen frutas todos los días lo cual es bueno para su alimentación, debido al aporte de antioxidantes y vitaminas.

En el Cuadro 6 de resultados se encuentran los datos de los atletas de voleibol, quienes deberían disminuir su consumo de frituras, dulces, chucherías y gaseosas, a modo de sustituirlos con alimentos que provean más beneficios para su salud. Ahora bien, en el Cuadro 7 de resultados, se muestra la frecuencia de consumo de los atletas de judo quienes presentan un mayor consumo de proteína que los demás, cabe resaltar que un 11% respondió que no consumen verduras lo cual es importante mejorar para obtener los antioxidante y vitaminas que aportan las mismas al organismo. Se pudo observar también que el 100% no aporta sal extra a sus alimentos lo cual es bueno para evitar la retención de líquidos y la alta presión. Luego en el Cuadro 8 de resultados, se encuentran los datos de los atletas de patinaje, quienes tienen una alimentación balanceada y adecuada, el único aspecto que podrían mejorar es disminuir el consumo de chucherías o mejorar la calidad de las mismas, para evitar las grasas trans por ejemplo. En general, se podría determinar que la mayoría de atletas procuran llevar una alimentación balanceada, y el único inconveniente es que varios tienen un consumo elevado de gaseosas y jugos envasados, por lo que habría que explicarles como sustituir dichas bebidas.

Una vez se caracterizó la dieta de los atletas se llevó a cabo el consentimiento informado el cual se observa en el anexo 1 y 2, destacando que la mayoría de participantes eran menores de edad por lo que fue necesario llevar a cabo una presentación y enviar una carta a los padres de

familia donde se explicaba el estudio y se constataba la aprobación del entrenador a cargo para su participación (ver anexo 12). Una vez finalizado el reclutamiento se llevó a cabo la prueba de esfuerzo máximo con el protocolo de Mader. Esta consistía en una prueba de rendimiento físico llevada a cabo en la banda y supervisada por el Doctor Carlos Álvarez, para la cual era necesario realizar un electrocardiograma previo en el que se determinaba si el corazón estaba apto para resistir dicha demanda física. La prueba consistía en iniciar corriendo a 10km/hr y cada vez que transcurría un minuto se aumentaba 1km/hr y se preguntaba al atleta su esfuerzo según una escala de 1-20, la cual tenían pegada sobre la banda, donde 1 era muy muy suave y 20 era muy muy muy duro (ver anexo 14). Al mismo tiempo, se iba monitoreando la frecuencia cardíaca a cada minuto por medio del polar. De este modo, cuando el atleta consideraba que no aguantaba más debía decirlo o simplemente saltar fuera de la banda en movimiento, para iniciar los tres minutos de recuperación caminando, en los cuales se medía la frecuencia cardíaca al primer, segundo y tercer minuto.

Cabe resaltar que la prueba de rendimiento físico requiere de mucha demanda física por lo que la Confederación Autónoma de Guatemala la lleva a cabo cada 3-4 meses como registro del rendimiento de los atletas. En este caso se realizó la primera prueba y dos semanas después la segunda para asegurar que no había otro factor que influyera en el rendimiento físico, más que el consumo del jugo de remolacha, ya que en dos semanas no puede haber una mejoría debido al entrenamiento que llevan a cabo los mismos.

Una vez realizadas las dos pruebas se obtuvo que la muestra constaba de atletas entre los 10-19 años, siendo las participantes de gimnasia las de menor edad como se muestra en la Figura 12 de resultados. Al finalizar se obtuvo una muestra de 30 atletas de los cuales 7 pertenecían a bádminton, 6 a voleibol, 9 a judo y 8 de gimnasia. Cabe mencionar que de dicha muestra 14 eran hombres y 16 mujeres. Como se puede notar, se excluyó a los participantes de patinaje ya que por el tipo de deporte se llevó a cabo la misma prueba que el resto pero en bicicleta y la misma se arruinó, por lo que la segunda prueba no se pudo realizar en la misma máquina y ello generó valores anormales. Por lo tanto, se decidió no utilizarlos para el análisis estadístico ya que ello generaba una desviación por no usarse la misma máquina. En cuanto a los demás atletas que no finalizaron el estudio fue porque en el caso de bádminton 3 atletas tuvieron que retirarse a una competencia, en judo el atleta no pudo asistir a la segunda prueba y el resto de atletas de voleibol y gimnasia abandonaron el estudio por lesiones que no les permitían correr en la banda. De los 30 atletas que participaron 17 consumieron la bebida experimental (57%) y 13 el placebo (43%), tal como se muestra en la Figura 14 de los resultados.

Durante el estudio los atletas llevaron a cabo una bitácora de consumo como la que se muestra en el anexo 4, con la cual se puede observar en el anexo 15, que la mayoría de atletas consumieron el jugo 129 minutos antes de llevar a cabo la actividad física, es decir aproximadamente de 2 horas antes. Según Bailey 2010, el tiempo óptimo para obtener un mejor efecto de los nitratos es de 2 a 3 horas, por lo que si está dentro del rango. Además, se determinó que la duración del entreno tuvo un promedio de 163 minutos, es decir de aproximadamente 2 horas y media, el cual se llevó a cabo después de la toma. Algunos atletas mencionaron tener otro entreno por la mañana; sin embargo para cumplir con el tiempo previo a la actividad física, lo tomaban por el entreno de la tarde. Dentro del control que se tuvo durante el estudio, fue la comunicación con el entrenador de cada disciplina deportiva, quienes recordaban y motivaban a los participantes a cumplir con el estudio al pie de la letra. Además hubo participantes que vivían juntos en el centro donde entrenaban, por lo que se pudo tener control absoluto de que cumplieran con tomar el jugo diariamente.

Para determinar si hubo mejoría en el rendimiento físico de los atletas se analizaron las variables de frecuencia cardíaca, consumo máximo de oxígeno y porcentaje de recuperación al minuto 1, 2 y 3 antes y después de consumir las bebidas. Al realizar la prueba de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos, tal como se muestra en el anexo 10, se puede notar que la variable de consumo máximo de oxígeno no se comportaba normal por lo que fue necesario utilizar la prueba de Mann Whitney para verificar la significancia de los datos. Ahora bien, en el caso de la frecuencia cardíaca y el porcentaje de recuperación se comportaron normales por lo que se empleó la prueba T.

En el Cuadro 9 de resultados se puede observar la prueba T para la frecuencia cardíaca y el porcentaje de recuperación. En el caso de la frecuencia cardíaca se utilizó una la prueba de una cola derecha, notándose que el valor de t cae fuera del área de significancia por lo que no se rechaza la hipótesis nula y se concluye que no hay suficiente información para decir que el jugo de remolacha hace una diferencia mayor en cuanto a la frecuencia cardíaca. En este caso, si analizamos detenidamente en el anexo 8, los datos de la frecuencia cardiaca obtenida antes y después de tomar las bebidas, es evidente que todos los atletas que mejoraron su consumo de oxígeno y tomaron jugo de remolacha, aumentaron su frecuencia cardíaca. Con esto se hace referencia a que en la prueba el mejorar el consumo de oxígeno implica correr por mayor cantidad de tiempo, es decir que la frecuencia cardíaca aumenta en comparación con las personas que ingirieron un placebo, ya que corrieron el mismo tiempo o menor. Esto lo podemos también corroborar con publicaciones como la de Miguel Bruck que indica que a mayor consumo de oxígeno la frecuencia cardíaca es mayor. Ahora bien, es posible que si las personas que

tomaron jugo de remolacha hubieran corrido la misma cantidad de tiempo que la inicial, la hubiera realizado a una frecuencia cardíaca menor. Este es el caso del atleta de código JE31 por ejemplo, quien recibió jugo de remolacha y obtuvo el mismo consumo de oxígeno, es decir que hizo el mismo tiempo pero con menor frecuencia cardíaca. Esto indica que el pudo haber aguantado más tiempo ya que su corazón aún resistía más latidos por minuto, pero él se detuvo.

Por lo tanto, explicado el funcionamiento de la prueba podemos decir que no se disminuyó la frecuencia cardíaca como se planteó en las hipótesis ya que los atletas que mejoraron aguantaron mayor tiempo, por lo que para realmente poder comparar si hubo mejoría en dicha variable es recomendable hacer una prueba con tiempo establecido o bien al momento que se alcance el tiempo inicial anotar la frecuencia cardíaca alcanzada.

Continuando con el análisis estadístico del cuadro 9 de resultados, se puede observar que analizar las variables de porcentaje de recuperación se utilizó la misma prueba t de una cola pero de lado izquierdo, esto quiere decir que si comparamos los valores de t experimental obtenidos no caen dentro de la cola izquierda por lo que no se rechaza la hipótesis nula y volvemos a que no existe suficiente información para decir que el jugo de remolacha provoca un porcentaje de recuperación más rápido. Cabe mencionar que el porcentaje de recuperación se basa en la disminución de la frecuencia cardíaca alcanzada tres minutos después de finalizadas la prueba. En este caso caemos en lo mismo, como se explicó anteriormente que la mayoría de los atletas que ingirieron la bebida de remolacha alcanzaron una mayor frecuencia cardíaca al resistir por mayor tiempo la prueba, definitivamente tardarán más tiempo en disminuir la frecuencia cardíaca alcanzada.

En el Cuadro 10 de resultados, se observa la prueba de Mann Whitney que se realizó para la variable de consumo de oxígeno que resultó que no era normal anteriormente. En este caso, a simple vista se puede notar la gran diferencia que existe entre el rango promedio que se obtuvo para la bebida placebo de 8.54 y el de 20.82 para la bebida experimental, la cual surge de la diferencia que se generó entre el consumo de oxígeno obtenido antes y después del consumo de las bebidas. Al observar la significancia de la prueba se puede notar que el valor es de 0 lo cual es menor que 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se concluye que si existe diferencia significativa en cuanto a la mejoría en el consumo de oxígeno obtenido por los atletas que consumieron la bebida de remolacha en contraste con lo que ingirieron el placebo.

Para poder tener una percepción más clara de la mejoría que hubo entre el consumo de oxígeno de los atletas que recibieron el jugo de remolacha, se puede observar la Figura 15 y 16 de los resultados. En este caso, todos los atletas que recibieron el jugo de remolacha

experimentaron un aumento del consumo máximo de oxígeno o como lo fue el caso de cuatro atletas que permanecieron igual, pero mejoraron su frecuencia cardíaca. Además, en cuanto al consumo de oxígeno en los atletas que consumieron la bebida placebo, se puede ver que ninguno presentó mejoría y en algunos casos hasta disminuyeron el mismo. Esto demuestra que el aumento que tuvieron los atletas que tomaron el jugo se debe puramente al consumo de la bebida de remolacha, la cual por su contenido de nitratos es reducida a óxido nítrico en el organismo, que es un vasodilatador que permite mayor flujo sanguíneo al músculo, y este lleva los sustratos como glucosa y oxígeno que permiten llevar a cabo un actividad física por un tiempo prolongado. De este modo, el consumo de oxígeno se relaciona directamente con las necesidades de energía, de tal manera que al hacer ejercicio el organismo necesita más oxígeno para la obtención metabólica de energía; y por consiguiente si hay más oxígeno a nivel del tejido muscular la tolerancia a ejercicios de alta intensidad es mayor. (Miguel Bruck)

Como parte de los objetivos se deseaba determinar el porcentaje de mejoría del rendimiento, en cuanto a consumo de oxígeno, de los atletas. Para ello, se puede observar el Cuadro 11 de los resultados, en el cual se tomó únicamente a los 13 atletas que tomaron la bebida de remolacha y aumentaron su consumo de oxígeno. En este caso se puede notar que hubo atletas que mejoraron significativamente como lo fue el atleta VE1, quien mejoró un 31% y si observamos los datos del anexo 8, su frecuencia cardíaca llegó a 201latidos/min, la cual se acerca a su frecuencia máxima de 204 latidos/min, demostrando mayor resistencia. En términos generales se puede decir que la bebida de remolacha mejoró hasta en un 10% el rendimiento físico de los atletas, en contraste con la teoría que según estudios como el de Bailey, *et al.*(2010) la bebida que se comercializa de “beet it” mejora el rendimiento físico hasta un 16%. Cabe mencionar que según German Carbajal (2009), un atleta masculino bien entrenado tiene un consumo de oxígeno entre 55-60ml/kg/min y en el caso de las mujeres un consumo de 43-50ml/kg/min y en este caso hubo atletas que mejoraron hasta un consumo de 54ml/kg/min, lo cual ya marca una gran diferencia para los participantes, puesto que el consumo de oxígeno tiene una fuerte influencia genética y no es tan sencillo mejorarlo.

En general, se puede notar que se cumplió con el objetivo principal de poder generar un producto similar al que se comercializa en el exterior, adaptándolo al país en este caso debido a que se utilizó el sabor a rosa de Jamaica y porque se está aprovechando el recurso de la cosecha nacional de remolacha para poder generar un producto económico y beneficioso. Se puede concluir que al consumir la bebida de remolacha de 250ml con un contenido de 6mmol de nitratos diariamente, 2 horas antes de la actividad física y por un periodo de 15 días se puede obtener una mejoría de hasta un 10% en cuanto al consumo máximo de oxígeno. Cabe

mencionar que según los comentarios de los atletas participantes, el sabor del jugo les parecía bastante agradable y muchos de ellos preguntaban si se les iba a entregar más jugos o bien si los íbamos a comercializar porque les había gustado y se habían sentido mejor al consumirlos. Por lo que aunque no se contó con una encuesta para conocer las opiniones de los participantes la mayoría estaban satisfechos, ya que siempre al finalizar les preguntaba su opinión sobre el mismo y fueron aproximadamente tres personas las que comentaron que no les había agradado tanto, tomando en cuenta que una de ellas había consumido el placebo.

X. CONCLUSIONES

- Se determinó que existe un aumento estadísticamente significativo del rendimiento físico de los atletas que consumen el jugo de remolacha con 6mmol de nitratos diariamente por 15 días, rechazando así la hipótesis nula 1.
- Se estableció que por medio del consumo del jugo de remolacha se puede generar un incremento del consumo máximo de oxígeno de hasta de un 10%.
- No hubo suficiente información para comprobar que el tiempo de recuperación de los atletas que consumieron el jugo de remolacha fue menor, ya que por haber alcanzado una frecuencia cardíaca más alta la recuperación tiende a ser más lenta.
- Se notó que es posible comercializar la bebida de remolacha haciendo uso de los recursos que ofrece el país, ya que la misma generó un efecto positivo en el rendimiento de los atletas y a la vez fue agradable y llamativa para los mismos.

XI. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio con una prueba de consumo de oxígeno de laboratorio, con análisis directo de los gases utilizados durante el ejercicio.
- Estudiar si existe diferencia estadísticamente significativa en el aumento del consumo de oxígeno entre atletas que inician con altos niveles de consumo de oxígeno comparado con los que poseen uno más bajo.
- Tomar en cuenta la variable peso para verificar si el consumo del jugo de remolacha tiene algún efecto sobre la misma y bien determinar si la misma tiene algún efecto sobre el nivel de mejora del consumo de oxígeno.
- Asegurar que las pruebas de esfuerzo máximo de los atletas se hagan en la misma estación del año para evitar interferencias por el calor o el frío.
- Replicar la investigación para estudiar la variable de tiempo de consumo, y comparar si con una semana de consumo el efecto determinado es el mismo.
- Estudiar la metabolización de los nitratos para determinar el tiempo ideal de consumo del jugo para que tenga su efecto potencial.
- Realizar una encuesta para determinar si los atletas que presentan una mejoría del rendimiento perciben algún cambio durante sus entrenamientos.

XII. BIBLIOGRAFÍA

- Bailey, Stephen, *et al.* 2010. «Acute and chronic effects of dietary nitrate supplementation on blood pressure and the physiological responses to moderate-intensity and incremental exercise». *American Journal of Physiology*. (299):R1121-R1131.
- Bailey, Stephen, *et al.* 2010. «Dietary nitrate supplementation enhances muscle contractile efficiency during knee-extensor exercise in humans». *Journal of Applied Physiology*. (109):135-148.
- Bailey, Stephen, *et al.* 2012. «The nitrate-nitrite-nitric oxide pathway: its role in human exercise physiology ». *European Journal of Sport Science*.12(4):309-320.
- Bescós, Raúl. 2011. *The effect of nitric oxide donors on human performance*. Tesis Universidad de Barcelona: Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña. 146 págs.
- Billat, Véronique. 2002. Fisiología y metodología del entrenamiento de la teoría a la práctica. Primera edición. Editorial Paidotribo. España. 184 páginas.
- Bruck, Miguel. *El consumo de oxígeno*. <http://www.centrooberon.com/docs/oberon/FT51-medicina.pdf> [21/07/2014]
- Carbajal, German. (2009). *Consumo máximo de oxígeno*. Recuperado de <http://www.triatlonrosario.com/2009/12/vo2-maximo-consumo-maximo-de-oxigeno.html> [23/07/2014]
- Fernández, Marcelo y G. Zubeldía. 2006. *Efecto del entrenamiento de la fuerza sobre el rendimiento funcional en futbolistas perteneciente a la primera división "D" del fútbol argentino*. <http://www.portalfitness.com> [13/09/2012]
- Hord, Norman; Y. Tang y N. Bryan. 2009. «Food sources of nitrates and nitrites: the physiologic context of potential health benefits ». *The American Journal of Clinical Nutrition*. 90(1): 1-10-

- Kapil, Vikas, *et al.* 2010. «Inorganic Nitrate Supplementation lowers blood pressure in Humans: Role of nitrite-derived NO ». *Hypertension*. 56: 274-281
- L'Hirondel, Jean-Louis. *Los nitratos dietarios...¿Son una amenaza para la salud?*. Recuperado de <http://www.policynetwork.net/> [16/09/2012]
- Lansley, Katherine, *et al.* 2010. «Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of walking and running: a placebo-controlled study». *Journal of Applied Physiology*. (110):591-600
- Larsen, F, *et al.* 2007. «Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise». *Scandinavian Physiological Society*. 191(1): 59-66.
- López-Cabral, J, *et al.* 2011. «Modificación de los indicadores de fatiga mediante el uso de Malato de Citrulina en atletas de resistencia de alto rendimiento». *Laboratorio Biocodex*. [México].
- López, Antonio y C. Macaya. 2009. «La salud cardiovascular del Hospital Clínico San Carlos y la Fundación BBVA». Fundación BBVA. 696 págs.
- Lundberg, Jon, *et al.* 2006. «Cardioprotective effects of vegetables: Is nitrate the answer?». *Elsevier*. 15(4): 359-362
- Lundberg, Jon. 2009. «Cardiovascular prevention by dietary nitrate and nitrite». *American Journal of Physiology*. 296: H1221-H1223.
- Lundberg, Jon; F. Larsen y E. Witzberg. 2011. «Supplementation with nitrate and nitrite salts in exercise: a Word of caution». *Journal of Applied Physiology*. (111): 616-617.
- Mellentín, Julian. 2010. «Science gives beetroot brand a superfood boost». *New Nutrition Business*. 16(2): 17-19.
- Prentice, William. 2001. «Técnicas de rehabilitación en medicina deportiva». Tercera edición. Editorial Paidotribo. Barcelona. 500 páginas.
- Rodríguez, María y N. Caro. 2007. «Diseño y evaluación de un programa de cambio de estilo atribucional en deportistas adolescentes de una institución educativa privada ubicada en la ciudad de Bogotá». *Cuadernos de Psicología del Deporte*. [España]. 7(2): 5-25.

- Roncero, G, *et al.* 2005. «Eficacia de la maca fresca (*Lepidium meyenii walp*) en el incremento del rendimiento físico de deportistas en altura». *Anales de la Facultad de Medicina*. [Perú]. 66 (4):269-273.
- Thiess, Gunter; P. Tschien y H. Nickel. 2004. «Teoría y metodología de la competición deportiva». Primera edición. Editorial Paidotribo. España. 232 páginas.
- Vanhatalo, Anni, *et al.* 2011. «Dietary nitrate reduces muscle metabolic perturbation and improves exercise tolerance in hypoxia». *The Journal of Physiology*. 589: 5517-5528.
- Walpole, Ronald; R. Myers y S. Myres. 1999. Probabilidad y estadística para ingenieros. Sexta edición. Pearson Education. México. 739 página.
- Weitzberg, Eddie y J. Lundberg. 2011. «Dietary nitrate- a slow train coming». *The Physiological Society*.589(22): 5333-5334.

XIII. ANEXOS

Anexo 1. Ejemplo de consentimiento informado para mayores de edad.

Anexo 2. Ejemplo de consentimiento informado para menores de edad.

Anexo 3. Recordatorio de 24 horas.

Anexo 4. Bitácora de consumo de jugo de remolacha y realización de actividad física.

Anexo 5. Frecuencia de consumo de alimentos.

Anexo 6. Formulación del jugo de remolacha.

Anexo 7. Formulación y preparación de la bebida placebo.

Anexo 8. Tabla de los participantes y los datos obtenidos en las pruebas antes y después del consumo de las bebidas.

Anexo 9. Frecuencia cardíaca y porcentaje de recuperación para los tres minutos después de la prueba de rendimiento físico, antes y después de consumir el jugo.

Anexo 10. Prueba de Shapiro-wilk para determinar la normalidad de los datos.

Anexo 11. Tabla de interpretación prueba t para varianzas iguales.

Anexo 12. Presentación utilizada para presentar el estudio a los participantes.

Anexo 13. Instrucciones entregadas a los participantes para el estudio.

Anexo 14. Escala de esfuerzo para la prueba de esfuerzo físico.

Anexo 15. Resumen de la bitácora de consumo.

Anexo 1. Ejemplo de consentimiento informado para mayores de edad.

Universidad del Valle de Guatemala

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Nutrición

Guatemala, _____ del 2014

**CONSENTIMIENTO INFORMADO**

Estimado participante

Soy estudiante de *Licenciatura en Nutrición* de la *Facultad de Ciencias y Humanidades* y estoy llevando a cabo mi estudio de tesis, cuyo objetivo es *determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de 50 atletas guatemaltecos de los grupos deportivos juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuera rápida y velocidad de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala*. El estudio cuenta con el consentimiento de la Universidad del Valle de Guatemala y el Departamento de Nutrición de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala. Para ello, necesito de su colaboración.

Solicito su autorización para participar en esta investigación, por una única vez, a lo largo de un mes a partir de la firma del consentimiento. Su participación consiste en *responder las encuestas de consumo de alimentos, asistir a las dos sesiones en las que se llevará a cabo la respectiva prueba de rendimiento físico por deporte, consumir el jugo de remolacha diariamente por dos semanas y llenar diariamente la bitácora de consumo del jugo*. Es importante recalcar que no todos recibirán el jugo de remolacha pues la mitad de los participantes recibirán un jugo *control*, sin conocer cuál de los dos es el que obtuvieron. Los atletas deberán consumir una toma diaria de 250ml de jugo, las cuales serán entregadas en envase PET y selladas. Estas se darán al principio del estudio y podrán transportarlas sin problema a sus hogares debido al proceso previo de pasteurización que se les realizará. Una vez en casa deberá almacenar los jugos en el refrigerador para que al beberlo sea más agradable y así se conserve en mejores condiciones. En caso de no contar con un refrigerador podrá almacenarlo a temperatura ambiente en un lugar donde no esté expuesto al sol. Es importante mencionar que cada toma realizada deberá ser registrada en su bitácora de consumo. El proceso es *confidencial* y requiere de *respuestas honestas/verdaderas* por parte de los participantes, de lo contrario se pueden retirar sin ningún compromiso. Todos los datos recolectados serán almacenados bajo llave en el departamento de nutrición de la Universidad del Valle de Guatemala, por 6 meses, y luego serán destruidos.

Cabe mencionar que los participantes deberán continuar con el plan de entrenamiento que manejan en la CDAG durante el estudio, es decir que no tendrán que realizar otro tipo de entrenamiento, por lo que cualquier lesión causada durante el mismo no es responsabilidad de los investigadores, y el atleta se encuentra en libertad de abandonar el estudio.

La participación es *voluntaria*. Usted tiene el derecho de *retirar el consentimiento para la participación en cualquier momento. El estudio no conlleva ningún riesgo ni algún beneficio.. No*

recibirá ninguna compensación por participar. El consumo del jugo no representa riesgos para su salud; sin embargo, si el mismo genera resultados positivos se podría generar un antecedente para la producción de un producto natural que mejore el rendimiento físico de la comunidad deportiva guatemalteca. La firma del consentimiento no implica pérdida de los derechos individuales de acuerdo a las leyes de Guatemala. Finalmente, es importante que responda a la siguiente pregunta:

¿Es usted alérgico o le disgusta la remolacha, manzana o splenda? Sí _____ No _____

Cualquier pregunta o evento adverso favor comunicarse al teléfono 57150019, al correo electrónico gabyheyligers@gmail.com o a los teléfonos que se adjuntan al final de este consentimiento.

Atentamente,

Ma. Gabriela Heyligers Wever

Autorización

He leído el procedimiento descrito arriba. El (la) investigador(a) me ha explicado el estudio y ha contestado mis preguntas. Voluntariamente yo, _____, doy mi consentimiento para participar en el estudio de *Ma. Gabriela Heyligers Wever sobre El efecto del consumo de jugo de remolacha sobre el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos juveniles de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala.*

Firma del participante

Fecha del reclutamiento

Firma del entrevistador

Huella del participante

Firma del testigo

Licda. Lucía Castellanos de Rodríguez

Dr. Rolando López

Directora del Departamento de Nutrición

Presidente del Comité de ética

Tel: 23688338, 23640528

Tel: 23640336 al 40, Ext. 346

Universidad del Valle de Guatemala

Universidad del Valle de Guatemala

18 avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III

18 avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III

Anexo 2. Ejemplo de consentimiento informado para menores de edad.

Universidad del Valle de Guatemala
 Facultad de Ciencias y Humanidades
 Departamento de Nutrición



Guatemala, _____ del 2014

CONSENTIMIENTO INFORMADO

Estimado participante

Soy estudiante de *Licenciatura en Nutrición* de la *Facultad de Ciencias y Humanidades* y estoy llevando a cabo mi estudio de tesis, cuyo objetivo es *determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de 50 atletas guatemaltecos de los grupos deportivos juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuera rápida y velocidad de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala*. El estudio cuenta con el consentimiento de la Universidad del Valle de Guatemala y el Departamento de Nutrición de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala. Para ello, necesito de su colaboración.

Solicito su autorización para participar en esta investigación, por una única vez, a lo largo de un mes a partir de la firma del consentimiento. Su participación consiste en *responder las encuestas de consumo de alimentos, asistir a las dos sesiones en las que se llevará a cabo la respectiva prueba de rendimiento físico por deporte, consumir el jugo de remolacha diariamente por dos semanas y llenar diariamente la bitácora de consumo del jugo*. Es importante recalcar que no todos recibirán el jugo de remolacha pues la mitad de los participantes recibirán un jugo *control*, sin conocer cuál de los dos es el que obtuvieron. Los atletas deberán consumir una toma diaria de 250ml de jugo, las cuales serán entregadas en envase PET y selladas. Estas se darán al principio del estudio y podrán transportarlas sin problema a sus hogares debido al proceso previo de pasteurización que se les realizará. Una vez en casa deberá almacenar los jugos en el refrigerador para que al beberlo sea más agradable y así se conserve en mejores condiciones. En caso de no contar con un refrigerador podrá almacenarlo a temperatura ambiente en un lugar donde no esté expuesto al sol. Es importante mencionar que cada toma realizada deberá ser registrada en su bitácora de consumo. El proceso es *confidencial* y requiere de *respuestas honestas/verdaderas* por parte de los participantes, de lo contrario se pueden retirar sin ningún compromiso. Todos los datos recolectados serán almacenados bajo llave en el departamento de nutrición de la Universidad del Valle de Guatemala, por 6 meses, y luego serán destruidos.

Cabe mencionar que los participantes deberán continuar con el plan de entrenamiento que manejan en la CDAG durante el estudio, es decir que no tendrán que realizar otro tipo de entrenamiento, por lo que cualquier lesión causada durante el mismo no es responsabilidad de los investigadores, y el atleta se encuentra en libertad de abandonar el estudio.

La participación es *voluntaria*. Usted tiene el derecho de *retirar el consentimiento para la participación en cualquier momento*. *El estudio no conlleva ningún riesgo ni algún beneficio*. No

recibirá ninguna compensación por participar. El consumo del jugo no representa riesgos para su salud; sin embargo, si el mismo genera resultados positivos se podría generar un antecedente para la producción de un producto natural que mejore el rendimiento físico de la comunidad deportiva guatemalteca. La firma del consentimiento no implica pérdida de los derechos individuales de acuerdo a las leyes de Guatemala. Finalmente, es importante que responda a la siguiente pregunta:

¿Es usted alérgico o le disgusta la remolacha, manzana o splenda? Sí _____ No _____

Cualquier pregunta o evento adverso favor comunicarse al teléfono 57150019, al correo electrónico gabyheyligers@gmail.com o a los teléfonos que se adjuntan al final de este consentimiento.

Atentamente,

Ma. Gabriela Heyligers Wever

Autorización

He leído el procedimiento descrito arriba. El (la) investigador(a) me ha explicado el estudio y ha contestado mis preguntas. Voluntariamente yo, _____, doy mi consentimiento para que mi hijo(a), _____, participe en el estudio de *Ma. Gabriela Heyligers Wever sobre El efecto del consumo de jugo de remolacha sobre el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos juveniles de la Confederación Deportiva Autónoma de Guatemala.*

Firma del padre o encargado

Fecha del reclutamiento

Firma del entrevistador

Huella del padre o encargado

Firma del testigo

Licda. Lucía Castellanos de Rodríguez

Dr. Rolando López

Directora del Departamento de Nutrición

Presidente del Comité de ética

Tel: 23688338, 23640528

Tel: 23640336 al 40, Ext. 346

Universidad del Valle de Guatemala

Universidad del Valle de Guatemala

18 avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III

18 avenida 11-95 zona 15 Vista Hermosa III

Anexo 3. Recordatorio de 24 horas.

FECHA:		LUGAR:		ENTREVISTADORA:						
ENTREVISTADO:				CÓDIGO:	<table border="1"> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>					

Tiempo de comida	Cantidad	Alimento que consumió
Desayuno		
Refacción		
Almuerzo		
Refacción		
Cena		

Anexo 5. Frecuencia de consumo de alimentos.

Alimento	Diario	Semanal	Mensual	Ocasional	Nunca
Verduras					
Frutas					
Carne					
Lácteos					
Huevos					
Pan					
Pan dulce					
Tortilla					
Gaseosas					
Jugos envasados					
Comida rápida					
Frituras					
Sal extra					
Dulces					
Chucherías					
Café					
Té					
Atoles					

Anexo 6. Formulación del jugo de remolacha

*Receta para 1 bebida de remolacha de 250ml.

a. Materiales

Cantidad	Materia prima
30.0g	Remolacha cruda
62.5 ml	Agua pura.
187.5 ml	Jugo de manzana clarificado, comprado industrialmente.
0.5g	Sabor de rosa de Jamaica.
1.0g	Edulcorante Splenda
1	Envases PET de 250ml
1	Picheles
1	Paleta
1	Redecilla y bata

b. Equipo

Cantidad	Instrumento
1	Licadora
1	Colador
1	Tabla de picar
1	Balanza
1	Cuchillo
1 rollo	Papel mantequilla
1	Probeta de 100ml
1	Marmita
1	Termómetro

c. Procedimiento

Es importante que antes de iniciar con la preparación de la bebida se tome en cuenta el uso de redecilla, bata y zapato cerrado, se limpie las superficie que se van a utilizar y se lave las manos con agua y jabón.

1. Se pela y corta con el cuchillo la remolacha en trocitos pequeños.
2. La remolacha se coloca encima de un pedazo de papel mantequilla y se pesa en la balanza hasta obtener los 30.0g.
3. Una vez pesada la remolacha, se le agrega 62.5 ml de agua pura y 187.5 ml de jugo de manzana clarificado en la licuadora y se licúa por 30 segundos o hasta observar que no haya residuos sólidos.
4. La bebida es colada en un pichel.
5. Se pesa y agrega 0.5g del sabor a elección (manzana, piña o rosa de Jamaica) y luego 1.0g de edulcorante Splenda y se mezcla con la paleta.
6. Para su pasteurización, se trasvasa la bebida a la marmita y se calienta a 70°C durante 30 minutos.
7. La bebida es sometida a un enfriamiento a 5°C para que el choque de térmico inhiba el crecimiento de microorganismos.
8. Posterior al proceso de pasteurización, se almacena la bebida en los envases PET de 250ml, previamente lavados con agua y jabón y se tapan manualmente.

Anexo7. Formulación y preparación de la bebida placebo.

*Receta para 1 bebida placebo de 250ml.

a. Materiales

Cantidad	Materia prima
0.12g	Colorante rojo "Allura Red"
125 ml	Agua pura.
125 ml	Jugo de manzana clarificado, comprado industrialmente.
0.5g	Sabor de rosa de Jamaica.
1.0g	Edulcorante Splenda
1	Envases PET de 250ml
1	Paleta
1	Redecilla y bata

b. Equipo

Cantidad	Instrumento
1	Balanza
1 rollo	Papel mantequilla
1	Probeta de 100ml
1	Marmita
1	Termómetro

c. Procedimiento

Es importante que antes de iniciar con la preparación de la bebida se tome en cuenta el uso de reddecilla, bata y zapato cerrado, se limpie las superficie que se van a utilizar y se lave las manos con agua y jabón.

1. Se colocan los 125ml de agua y los 125ml de jugo de manzana en la marmita.
2. Se pesa sobre el papel mantequilla 0.12g de colorante, 1g de splenda y 0.5g de saborizante de rosa de Jamaica.

3. Se agregan los tres ingredientes a la marmita y se mezcla con una paleta.
4. Para su pasteurización, se calienta a 70°C durante 30 minutos.
5. La bebida es sometida a un enfriamiento a 5°C para que el choque térmico inhiba el crecimiento de microorganismos.
6. Posterior al proceso de pasteurización, se almacena la bebida en los envases PET de 250ml, previamente lavados con agua y jabón y se tapan manualmente.

Anexo 8. Tabla de los participantes y los datos obtenidos en las pruebas antes y después del consumo de las bebidas.

Cuadro 12. Resultados de la prueba de esfuerzo realizada a los atletas.

Edad	Sexo	Deporte	Jugo	Código	Frec. cardíaca máxima (latidos/min)	Frecuencia cardíaca alcanzada		Consumo max. Oxígeno	
						Antes (latidos/min)	Después (latidos/min)	Antes (ml/kg/min)	después (ml/kg/min)
18	M	Bádminton	R	BE3	202	191	183	51.86	51.86
13	M	Bádminton	R	BE5	207	183	186	46.7	49.3
17	F	Bádminton	P	BC6	203	185	184	41.54	41.54
13	F	Bádminton	P	BC7	207	189	167	44.12	41.54
15	F	Bádminton	P	BC8	205	187	181	39	39
13	M	Bádminton	P	BC9	207	207	200	54.44	51.86
13	F	Bádminton	P	BC10	207	182	190	44.12	44.12
16	M	Voleibol	R	VE11	204	198	201	41.54	54.44
16	M	Voleibol	R	VE12	204	190	191	46.7	51.86
16	M	Voleibol	R	VE13	204	178	175	49.3	49.3
16	M	Voleibol	R	VE14	204	200	204	49.28	51.86
17	M	Voleibol	R	VE15	203	172	177	46.7	49.3
16	M	Voleibol	P	VC17	204	196	199	51.86	51.86
17	F	Judo	R	JE31	203	198	191	44.12	44.12
16	F	Judo	P	JC36	204	189	188	44.12	44.12
14	F	Judo	R	JE32	202	187	192	41.54	44.12
18	F	Judo	P	JC37	202	174	170	46.7	44.12
17	M	Judo	P	JC38	201	191	186	51.86	46.7
19	M	Judo	R	JE33	201	168	172	41.54	46.7
15	M	Judo	R	JE34	201	194	178	51.86	51.86
15	M	Judo	R	JE35	202	191	195	51.8	54.4
17	M	Judo	P	JC39	199	183	189	54.4	54.4
11	F	Gimnasia	P	GC46	210	196	205	39	39
10	F	Gimnasia	R	GE41	209	168	183	36.4	41.54
11	F	Gimnasia	R	GE42	209	198	196	41.54	41.54
14	F	Gimnasia	R	GE43	206	177	179	44.12	46.7
10	F	Gimnasia	R	GE44	210	183	199	38.96	41.54
10	F	Gimnasia	P	GC47	210	192	194	36.38	36.38
13	F	Gimnasia	R	GE45	208	199	201	44.12	46.7
11	F	Gimnasia	P	GC48	209	190	171	41.54	39

*R significa remolacha y P es placebo.

Anexo 9. Frecuencia cardíaca y porcentaje de recuperación para los tres minutos después de la prueba de rendimiento físico, antes y después de consumir el jugo.

Cuadro 13. Recuperación de los atletas tras la prueba de esfuerzo físico.

código	Minuto	antes		después	
		frec. Cardíaca (latidos/min)	porcentaje de recuperación (%)	frec. Cardíaca (latidos/min)	porcentaje de recuperación (%)
BE3	1	150	29	133	38
	2	133	42	118	50
	3	121	51	113	54
BE5	1	153	40	144	43
	2	132	55	120	62
	3	126	60	111	69
BC6	1	143	35	127	48
	2	119	60	103	69
	3	111	62	105	67
BC7	1	176	11	158	20
	2	136	44	121	54
	3	125	54	113	61
BC8	1	144	38	152	30
	2	133	48	130	50
	3	130	50	125	54
BC9	1	147	33	153	30
	2	132	48	138	42
	3	129	53	129	50
BC10	1	137	42	120	57
	2	128	50	104	70
	3	116	60	97	76
VE11	1	159	31	164	26
	2	130	47	143	41
	3	114	59	133	48
VE12	1	120	55	145	35
	2	110	62	121	54
	3	108	64	115	59
VE13	1	147	26	136	33
	2	121	48	118	49
	3	115	53	108	58
VE14	1	152	34	180	16
	2	135	47	156	33
	3	127	53	139	45

Continuación del Cuadro 13.

código	Minuto	antes		después	
		frec. Cardíaca (latidos/min)	porcentaje de recuperación (%)	frec. Cardíaca (latidos/min)	porcentaje de recuperación (%)
VE15	1	145	25	146	24
	2	133	35	131	36
	3	123	42	125	40
VC17	1	148	36	156	33
	2	142	41	141	44
	3	133	48	134	49
JE31	1	164	24	153	29
	2	141	41	130	46
	3	126	52	117	56
JC36	1	156	23	148	30
	2	138	35	121	51
	3	131	40	119	53
JE32	1	159	24	163	24
	2	140	39	129	49
	3	130	44	125	52
JC37	1	151	19	130	35
	2	114	50	91	69
	3	104	64	88	71
JC38	1	157	24	145	31
	2	133	42	129	43
	3	117	53	119	50
JE33	1	103	60	133	42
	2	90	72	113	58
	3	86	76	103	66
JE34	1	153	23	146	33
	2	130	41	121	53
	3	120	49	115	58
JE35	1	156	29	159	25
	2	138	43	138	45
	3	127	51	128	50
JC39	1	173	18	158	19
	2	159	33	135	41
	3	143	43	132	44

Continuación del Cuadro 13.

código	Minuto	antes		después	
		frec. Cardíaca (latidos/min)	porcentaje de recuperación (%)	frec. Cardíaca (latidos/min)	porcentaje de recuperación (%)
GC46	1	138	29	125	47
	2	121	44	109	60
	3	109	55	107	61
GE41	1	152	43	151	47
	2	132	62	137	53
	3	126	67	137	53
GE42	1	163	29	158	33
	2	139	50	140	48
	3	134	54	130	57
GE43	1	151	23	139	32
	2	114	54	109	58
	3	103	63	98	67
GE44	1	128	44	144	39
	2	121	50	122	55
	3	113	57	117	58
GC47	1	167	41	144	45
	2	124	62	133	55
	3	126	61	128	60
GE45	1	161	35	170	28
	2	137	57	141	54
	3	136	58	136	59
GC48	1	154	32	133	48
	2	137	47	123	57
	3	125	58	110	69

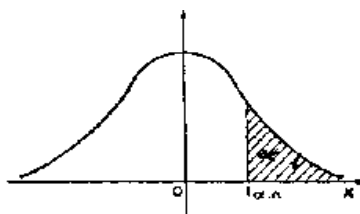
Anexo 10. Prueba de Shapiro-wilk para determinar la normalidad de los datos.

Cuadro 14. Prueba estadística de Shapiro-wilk.

Variable	Bebida	Sig.	Interpretación	Prueba
Frecuencia Cardiaca	Placebo	0.225	Normales	Prueba T
	Jugo de remolacha	0.169	Normales	
Consumo máximo de oxígeno	Placebo	0.001	No normales	Prueba de Mann Whitney
	Jugo de remolacha	0	No normales	
Porcentaje de recuperación al 1 minuto	Placebo	0.406	Normales	Prueba T
	Jugo de remolacha	0.057	Normales	
Porcentaje de recuperación al 2 minuto	Placebo	0.511	Normales	Prueba T
	Jugo de remolacha	0.512	Normales	
Porcentaje de recuperación al 3 minuto	Placebo	0.668	Normales	Prueba T
	Jugo de remolacha	0.233	Normales	

Anexo 11. Tabla de interpretación prueba t para varianzas iguales.

Figura 17. Tabla de áreas bajo la curva de una cola para la prueba t.

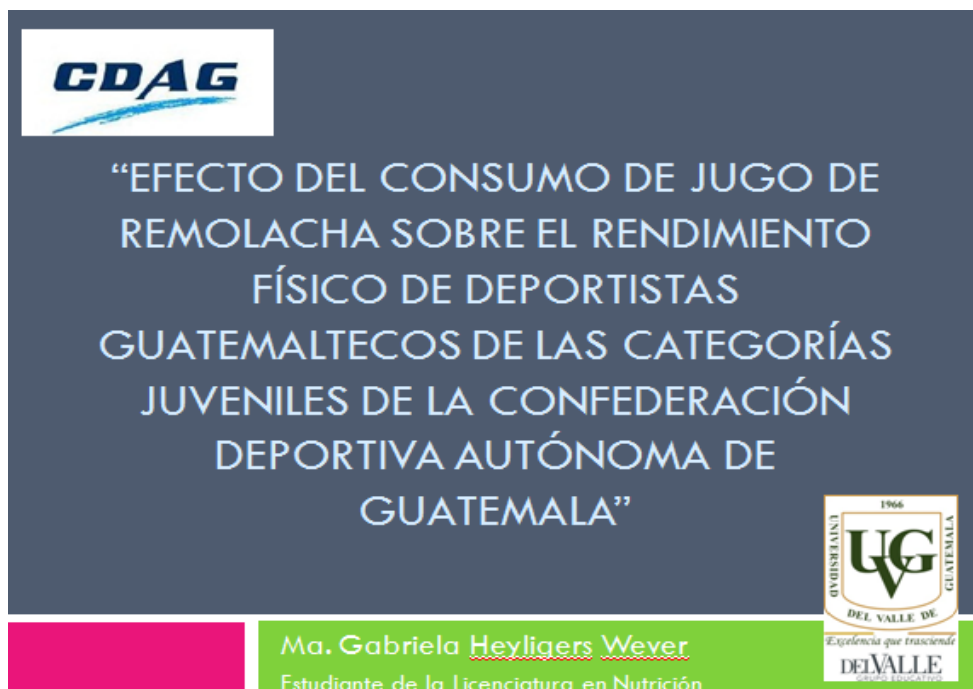


$\alpha/2$	0,40	0,30	0,20	0,10	0,050	0,025	0,010	0,005	0,001	0,0005
1	0,325	0,727	1,376	3,078	6,314	12,71	31,82	63,66	318,3	636,6
2	0,289	0,617	1,061	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	22,33	31,60
3	0,277	0,584	0,978	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	10,22	12,94
4	0,271	0,569	0,941	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	7,173	8,610
5	0,267	0,559	0,920	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5,893	6,859
6	0,265	0,553	0,906	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	5,208	5,959
7	0,263	0,549	0,896	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	4,785	5,405
8	0,262	0,546	0,889	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	4,501	5,041
9	0,261	0,543	0,883	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	4,297	4,781
10	0,260	0,542	0,879	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	4,144	4,587
11	0,260	0,540	0,876	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	4,025	4,437
12	0,259	0,539	0,873	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	3,930	4,318
13	0,259	0,538	0,870	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	3,852	4,221
14	0,258	0,537	0,868	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	3,787	4,140
15	0,258	0,536	0,866	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	3,733	4,073
16	0,258	0,535	0,865	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	3,686	4,015
17	0,257	0,534	0,863	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	3,646	3,965
18	0,257	0,534	0,862	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	3,611	3,922
19	0,257	0,533	0,861	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	3,579	3,883
20	0,257	0,533	0,860	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	3,552	3,850
21	0,257	0,532	0,859	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	3,527	3,819
22	0,256	0,532	0,858	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	3,505	3,792
23	0,256	0,532	0,858	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	3,485	3,767
24	0,256	0,531	0,857	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	3,467	3,745
25	0,256	0,531	0,856	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	3,450	3,725
26	0,256	0,531	0,856	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	3,435	3,707
27	0,256	0,531	0,855	1,314	1,703	2,052	2,473	2,771	3,421	3,690
28	0,256	0,530	0,855	1,313	1,701	2,048	2,467	2,763	3,408	3,674
29	0,256	0,530	0,854	1,311	1,699	2,045	2,462	2,756	3,396	3,659
30	0,256	0,530	0,854	1,310	1,697	2,042	2,457	2,750	3,385	3,646
40	0,255	0,529	0,851	1,303	1,648	2,021	2,423	2,704	3,307	3,551
50	0,255	0,528	0,849	1,298	1,676	2,009	2,403	2,678	3,262	3,495
60	0,254	0,527	0,848	1,296	1,671	2,000	2,390	2,660	3,232	3,460
80	0,254	0,527	0,846	1,292	1,664	1,990	2,374	2,639	3,195	3,415
100	0,254	0,526	0,845	1,290	1,660	1,984	2,365	2,626	3,174	3,389
200	0,254	0,525	0,843	1,286	1,653	1,972	2,345	2,601	3,131	3,339
500	0,253	0,525	0,842	1,283	1,648	1,965	2,334	2,586	3,106	3,310
∞	0,253	0,524	0,842	1,282	1,645	1,960	2,326	2,576	3,090	3,291

(Walpole, Myers y Myers, 1999)

Anexo 12. Presentación utilizada para presentar el estudio a los participantes.

Figura 18. Diapositivas correspondientes a la presentación del estudio para los atletas.




CDAG

“EFECTO DEL CONSUMO DE JUGO DE REMOLACHA SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO DE DEPORTISTAS GUATEMALTECOS DE LAS CATEGORÍAS JUVENILES DE LA CONFEDERACIÓN DEPORTIVA AUTÓNOMA DE GUATEMALA”

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
1966
Esperanza que trasciende
DEL VALLE

Ma. Gabriela Heyligers Wever
Estudiante de la Licenciatura en Nutrición

Antecedentes



- La remolacha contiene nitratos
 - Disminuyen la presión sanguínea y la utilización de O_2 durante el ejercicio
 - Aumenta la tolerancia al ejercicio de alta intensidad hasta en un 16%
 - Suministrar diariamente el jugo de remolacha con un contenido de 6mmol de nitratos, en un período de 4 a 6 días.
 - “Beet it” en GNC, creado en Australia

Objetivo del estudio

- Determinar el efecto del consumo de jugo de remolacha en el rendimiento físico de deportistas guatemaltecos de los grupos deportivos juveniles de resistencia, arte competitivo y coordinación, combate, juego de pelota, fuerza rápida y velocidad, de la CDAG.

Metodología

- PREVIO
 - Formulación del jugo de remolacha
 - Presentación de 250ml
 - Elección del sabor por medio de pruebas sensoriales a 50 atletas



Metodología

- Prueba de rendimiento físico inicial
- Consumo del jugo de remolacha diariamente por 2 semanas (placebo)
 - 21 de abril al 6 de mayo
 - 2 horas antes de llevar a cabo el ejercicio
 - Continuar con entrenamiento habitual
 - Llenar la libreta de consumo diariamente
- Segunda prueba de rendimiento físico

Recomendaciones

- No consumir lechuga, espinaca, acelga y remolacha
- No consumir algún tipo de suplemento deportivo alternativo al jugo de remolacha
- Consumir el jugo diariamente 2 horas antes de hacer ejercicio

Anexo 13. Instrucciones entregadas a los participantes para el estudio.

EFFECTO DEL CONSUMO DE JUGO DE REMOLACHA SOBRE EL RENDIMIENTO FÍSICO DE DEPORTISTAS GUATEMALTECOS DE LOS GRUPOS DEPORTIVAS JUVENILES DE LA CONFEDERACIÓN DEPORTIVA AUTÓNOMA DE GUATEMALA

Aspectos importantes que deberá cumplir durante las dos semanas que consuma el jugo de remolacha:

1. No consumir lechuga, acelga, espinaca y/o remolacha.
2. No consumir algún tipo de suplemento deportivo alterno al jugo de remolacha.
3. Mantener el jugo de remolacha en refrigeración y tomarlo dos horas antes de realizar su entrenamiento.
4. No compartir ni intercambiar sus jugos con los de los demás participantes.
5. Llenar su bitácora de consumo diariamente.

Recuerde que su participación requiere de compromiso y cumplimiento para poder obtener resultados válidos y así contribuir con la comunidad deportiva de Guatemala.

Anexo 14. Escala de esfuerzo para la prueba de esfuerzo físico.**RPE**

6 7 8	MUY MUYSUAVE
9 10	MUY SUAVE
11	SUAVE
12 13	POCO DURO
14 15	DURO
16 17 18	MUY DURO
19	MUY MUY DURO
20	MUY MUY MUY DURO

Anexo 15. Resumen de la bitácora de consumo.

Cuadro 15. Tiempo previo al consumo de la bebida y duración de la actividad física de los atletas.

Deporte	Tiempo de consumo previo a la actividad física (minutos)	Duración de actividad física (minutos)
Bádminton	126	151
Bádminton	147	148
Bádminton	134	123
Bádminton	139	152
Bádminton	142	150
Bádminton	133	148
Bádminton	123	160
Voleibol	120	162
Voleibol	146	121
Voleibol	150	150
Voleibol	145	131
Voleibol	148	113
Voleibol	148	136
Judo	132	151
Judo	119	120
Judo	115	180
Judo	126	176
Judo	118	163
Judo	123	138
Judo	175	152
Judo	121	156
Judo	118	154
Gimnasia	120	202
Gimnasia	126	166
Gimnasia	120	210
Gimnasia	115	207
Gimnasia	120	210
Gimnasia	110	233
Gimnasia	116	209
Gimnasia	108	220
Promedio	129	163