



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**RELACIÓN ENTRE LA INGESTA DE HIERRO Y
LA MASA DE HEMOGLOBINA EN
ADOLESCENTES ENTRENADOS EN
RESISTENCIA Y NO ENTRENADOS,
RESIDENTES EN BOGOTÁ D.C.**

Katherin Johana Quintero Barrantes

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina
Bogotá D.C., Colombia
2019

**RELACIÓN ENTRE LA INGESTA DE HIERRO Y LA MASA DE HEMOGLOBINA
EN ADOLESCENTES ENTRENADOS EN RESISTENCIA Y NO ENTRENADOS,
RESIDENTES EN BOGOTÁ D.C.**

Katherin Johana Quintero Barrantes

Tesis o trabajo de investigación presentada(o) como requisito parcial para
optar al título de:

Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Director (a):

Nutricionista Dietista, Esp. Melier Vargas Zárate

Codirector (a):

Nutricionista Dietista, MSc Mercedes Mora Plazas

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Medicina

Bogotá D.C. Colombia

2019

A Dios, mi guía y sustento en este camino

*A mis padres por su acompañamiento en
este proceso y por la motivación brindada
para continuar siempre adelante sin
desfallecer*

*Y a todos quienes han creído en mí y
estuvieron a mi lado durante el transcurso
de mi posgrado*

Agradecimientos

Un agradecimiento especial a mis padres por ser ese apoyo incondicional en este camino que emprendí, por ser el motor de mi vida y por ser los testigos directos del arduo trabajo que realicé, este esfuerzo final se dio gracias a ustedes. A mi novio Gustavo por toda su ayuda en los momentos que lo necesité y por creer en mis capacidades siempre, a mi familia, colegas y amigos cercanos quiero agradecerles por su preocupación y por estar pendientes de mi proceso, a todos los llevo en mi corazón con cariño y amor.

Un gran agradecimiento a las docentes que me han orientado en este camino con inmensa sabiduría, a la profesora Melier Vargas le agradezco mucho asumir el reto de dirigir mi trabajo y realizarlo con dedicación y gran disposición, a la profesora Mercedes Mora por ser mi mentora en el campo de la actividad física y el deporte y por sus valiosas contribuciones dentro de este proceso, a las profesoras Erica Mancera y Diana Ramos, por quienes fue posible realizar este trabajo, por su cariño, por todo el empeño que mostraron para guiarme de la mejor forma y por permitirme ser parte de este proyecto. A la profesora Xiomara Uribe agradezco sus conocimientos y colaboración en las etapas más críticas del trabajo.

Finalmente, un agradecimiento muy especial a todos los voluntarios adolescentes pertenecientes al IPARM y a todos los clubes e instituciones deportivas, a los padres de familia y a los directivos que creyeron en este proyecto, gracias por el tiempo

5 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

dedicado, por la disposición de colaborar y por su valiosa contribución a la investigación, sin ustedes no hubiera sido posible realizar este trabajo.

Contenido

I- Resumen Ejecutivo.....	10
II-Abstract	12
1. Introducción.....	14
2. Marco Teórico.....	17
2.1. Masa de Hemoglobina.....	17
2.1.1. Diferencias entre la masa de hemoglobina y la concentración de hemoglobina	18
2.1.2. Importancia de la masa de hemoglobina y de la respuesta hematopoyética en el entrenamiento de resistencia	19
2.1.3. Influencia de la altura intermedia en la masa de hemoglobina	21
2.2. Aspectos fisiológicos del hierro	24
2.2.1. Biodisponibilidad del hierro dietario.....	25
2.2.2. Homeostasis del hierro	28
2.1.3. Consumo de hierro	30
3. Antecedentes.....	37
4. Planteamiento del problema	46
5. Justificación	49
6. Objetivos.....	53
7. Metodología.....	54
7.1. Tipo de estudio	55
7.2. Población de estudio	56
7.3. Tamaño y selección de la muestra	56
7.4. Criterios de inclusión y exclusión	57
7.5. Variables	59
7.6. Instrumento de medición.....	64
7.7. Recolección y Procesamiento de datos	65
7.8 Masa de Hemoglobina.....	66
7.9 Plan de análisis	67
8. Consideraciones éticas.....	71
9. Resultados.....	73

7 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

10.	Análisis de Resultados	86
	Comportamiento de la Hemoglobina Sérica entre los grupos	86
	Masa de Hemoglobina y las variables que intervienen en su comportamiento	86
	Frecuencia de consumo de alimentos fuentes de hierro total, hem y no hem.....	88
	Caracterización de la Ingesta diaria de Hierro Total, Hem, No Hem, factores inhibidores y promotores y su relación con la Masa de Hemoglobina.....	89
11.	Limitaciones del estudio.....	96
12.	Recomendaciones	97
13.	Conclusiones	98
14.	Bibliografía	101

Lista de tablas

Tabla 1. Factores que afectan la absorción de hierro.....	28
Tabla 2. Estudios relacionados con consumo de hierro y los métodos de recolección de la información dietaria	34
Tabla 3 Aporte Dietético Recomendado (RDA), Requerimiento Promedio Estimado (EAR) y Nivel de Ingesta Máximo Tolerable (UL) de hierro por día, para hombres y mujeres adolescentes colombianos.....	36
Tabla 4. Variables del estudio.....	60
Tabla 5. Características socio-demográficas de los adolescentes del estudio. Bogotá D.C., 2017.	74
Tabla 6. Deportes practicados por los adolescentes entrenados. Bogotá D.C., 2017	75
Tabla 7 Estadísticas descriptivas para Ingesta diaria de hierro total, hierro no hem, fibra dietaria y proteína por sexo en adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.	77
Tabla 8 Prueba estadística para diferencia de medias para ingesta diaria de hierro total, hierro no hem, fibra dietaria y proteína ingerida entre hombres y mujeres adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.	78
Tabla 9 Estadísticas descriptivas para Ingesta diaria de hierro hem, calcio, proteína y vitamina C por sexo en adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017..	79
Tabla 10 Prueba estadística para diferencia de medianas para ingesta de hierro hem, calcio, proteína total y vitamina C ingerida, entre hombres y mujeres adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.	80
Tabla 11. Estadísticos descriptivos para masa de hemoglobina para adolescentes entrenados y no entrenados según sexo. Bogotá D.C., 2017.	83
Tabla 12. Prueba estadística U de Mann Whitney para diferencia de medianas de masa de hemoglobina en entrenados y no entrenados.	84
Tabla 13 . Correlación de Spearman entre la masa de hemoglobina y el consumo de hierro, proteína, calcio, fibra y Vitamina C en adolescentes entrenados y no entrenados según sexo. Bogotá D.C. 2017.	84

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1. Masa de Hemoglobina (tHb mass) en hombres y mujeres con diversos grados de entrenamiento de lugares al nivel del mar y de altitud moderada	23
Ilustración 2 Resumen de la homeostasis del hierro	30
Ilustración 3. Metodología General del Recordatorio de 24 horas por múltiples pasos.....	32
Ilustración 4. Fases y procedimientos del estudio	54

Lista de Símbolos y abreviaturas

[Hb]: Concentración de hemoglobina o hemoglobina sérica

tHb – mass: Masa total de hemoglobina o masa de hemoglobina

VO₂ máx: Consumo máximo de oxígeno

CFC: Cuestionario de Frecuencia de Consumo

CO: Monóxido de carbono

BV: Volumen sanguíneo

PV: Volumen plasmático

EPO: Eritropoyetina

RCM: Masa de células eritrocitarias

DNA: Ácido desoxirribonucleico

Hem: Hémico

DMT1: Transportador 1 de metal divalente

TF: Transferrina

FPN1: Ferroportina-1

RIEN: Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes

RDA: Aportes dietéticos recomendados

EAR: Requerimiento promedio estimado

UL: Nivel de ingesta máximo tolerable

CFC: Cuestionario de frecuencia de consumo

FeFFQ: Frecuencia de consumo de hierro

sTfR: Receptor soluble de transferrina

ATP: Adenosín trifosfato

ENSIN: Encuesta Nacional de Situación Nutricional

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

I- Resumen Ejecutivo

El hierro es un mineral importante para el organismo porque participa en funciones vitales como el transporte de oxígeno siendo parte de la molécula de hemoglobina (Hb), una proteína fundamental en la captación de este elemento por parte de los tejidos corporales. La presente investigación tiene como objetivo determinar la relación entre la ingesta de hierro y la masa de hemoglobina, en un grupo de adolescentes entrenados en resistencia y otro de no entrenados, residentes en la Ciudad de Bogotá D.C.

El presente trabajo es de corte transversal analítico de correlación, en el cual se evaluaron 25 adolescentes entrenados en resistencia y 20 adolescentes no entrenados, midiendo la ingesta de hierro con sus factores promotores e inhibidores de la absorción, por medio del recordatorio de 24 horas (método de múltiples pasos) y caracterizando las fuentes alimentarias por el cuestionario de frecuencia de consumo. La masa de hemoglobina se midió acorde a la metodología de reinhalación de monóxido de carbono (CO) descrita por Schmidt y Plummer.

En los hombres entrenados y no entrenados se presentó asociación positiva entre la ingesta de hierro total y la masa de hemoglobina. En los entrenados, dicha asociación fue moderada o positiva media ($r=-0,7$; $p=0,01$) en tanto que en los no entrenados hubo una asociación fuerte o correlación positiva considerable ($r=-0,85$; $p=0,007$). No se encontró correlación entre la ingesta de hierro y la masa de hemoglobina en las mujeres en ambos grupos

11 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

(entrenadas $r=-0,2$; $p=0,4$ y no entrenadas $r=0,05$; $p=0,8$).

De acuerdo con lo anterior, la ingesta de hierro se asocia al aumento de la masa de hemoglobina, pero esta respuesta es diferente según el sexo, en los hombres adolescentes se relaciona con el incremento de la tasa de eritropoyesis reflejada en el aumento de la masa de hemoglobina y por ende mayor producción de la masa total de hemoglobina.

Palabras clave: *Hierro, Ingesta de Hierro, Adolescente, Atleta, Altura, Masa de Hemoglobina.*

II- Abstract

Iron is an important mineral for the body functions because it participates in the oxygen transport being part of the molecule of hemoglobin (Hb), a key protein in the uptake of this element by body tissues. The aim of the present research is to determine the relationship between iron intake and hemoglobin mass, in a group of adolescents, trained in resistance sports and another group of non-trained, residents in the city of Bogotá D.C. The present research is classified as a cross-sectional, analytical and correlation study, the sample of this study consisted of 25 adolescents trained in resistance sports and 20 untrained adolescents. The iron intake with its absorption enhancing and inhibiting factors were measured by the 24-hour dietary recalls (5 step multiple – pass approach) and the food frequency questionnaire. The hemoglobin mass was measured according to the carbon monoxide (CO) rebreathing methodology described by Schmidt and Plummer.

With the trained and untrained men there was a positive association between the total iron intake and the hemoglobin mass. In the trained group, this association was a moderate and positive correlation ($r = -0.7$, $p = 0.01$) whereas in the untrained group there was a strong association or considerable positive correlation ($r = -0.85$, $p = 0.007$). No correlation was found between iron intake and hemoglobin mass in women in both groups (trained $r = -0.2$, $p = 0.4$ and untrained $r = 0.05$, $p = 0.8$). According to the above, the iron intake is associated with the increase in the hemoglobin mass, but this

13 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

response is different according to sex, in adolescent men it is related to the increase in the rate of erythropoiesis and therefore higher production of the total hemoglobin mass.

Key words: *Iron, Iron Intake, Adolescent, Athletes, Altitude, Hemoglobin mass.*

1. Introducción

El hierro es un micronutriente fundamental que influye en diversas funciones metabólicas y fisiológicas del organismo. Su homeostasis puede intervenir en varios campos como el desempeño escolar y deportivo. Dentro de las funciones más importantes del hierro en el cuerpo humano está el transporte de oxígeno a través de la hemoglobina [Hb], una proteína primordial en la captación de este elemento por parte de los tejidos corporales, ya que este mineral es parte constitutiva del grupo *Hem*, en el centro de la molécula de hemoglobina. Del total de las reservas corporales de hierro (aproximadamente 3500 mg), el 65% está distribuido en los eritrocitos como hemoglobina, es decir en promedio unos 2300 mg (Muñoz, M., García, J., & Remacha, F., 2011).

El hierro es un elemento indispensable en ciertas etapas del proceso vital como la niñez, el embarazo, la lactancia y por supuesto la adolescencia. En esta última hay un alto riesgo de deficiencia del mineral debido al crecimiento rápido, consumo inadecuado de hierro o de alimentos fuente de vitamina C, dietas veganas estrictas, dietas con restricción calórica, omisión de comidas, participación en deportes extenuantes o de resistencia y sangrado menstrual abundante (Brown, E., 2010).

Además, este micronutriente tiene una función importante en el entrenamiento físico. Es tal su implicación en este aspecto, que su deficiencia puede alterar el desempeño físico al disminuir el transporte de oxígeno al músculo en ejercicio, teniendo consecuencias negativas en el rendimiento deportivo, (Beard, J., Tobin, B.,

2000) especialmente si el entrenamiento se realiza en determinadas condiciones ambientales como la altura intermedia, en donde se producen adaptaciones hematológicas en los volúmenes plasmáticos y en las concentraciones de hemoglobina (Rojas, J., 2002).

Con base en lo anterior, se considera importante estudiar el estado del hierro en el organismo y sus formas de interacción con diversos marcadores bioquímicos, en presencia o no de entrenamiento deportivo. Es necesario recalcar que el metabolismo del hierro y su medición bioquímica hacen parte del seguimiento nutricional que se debe hacer a los deportistas, para asegurar una adecuada utilización del oxígeno, proyectándose en mayor rendimiento deportivo (COLDEPORTES, 2015).

En este sentido, existen varios parámetros bioquímicos como la concentración de hemoglobina, la ferritina sérica y la transferrina, los cuales tradicionalmente se han empleado para diagnosticar deficiencia de hierro; sin embargo, actualmente se estudia la medición de la masa de hemoglobina (g/kg), la cual es muy sensible ante el aumento de consumo de hierro, especialmente cuando existe una deficiencia del mismo (Otto, J. M., Montgomery, H. E., & Richards, T., 2013). La masa de hemoglobina (gramos por kilogramo de peso), es una medición más estable respecto a otros marcadores más utilizados para evaluar el estado eritropoyético de una persona, comparado con la concentración de hemoglobina y la concentración de ferritina, las cuales son sensibles a condiciones como la inflamación o cambios

en los líquidos corporales, por ser medidos directamente en el plasma sanguíneo (Wachsmuth, N. B., Aigner, T., Völzke, C., Zapf, J., & Schmidt, W. F., 2015).

El presente trabajo busca determinar cuál es la relación entre la ingesta de hierro y la medición de la masa de hemoglobina en un grupo de adolescentes, teniendo en cuenta diferentes niveles de entrenamiento físico (deportes de resistencia y no entrenados) y su residencia en la altura intermedia de la ciudad de Bogotá.

2. Marco Teórico

2.1. Masa de Hemoglobina

La masa total de hemoglobina (tHb mass) se define como la representación absoluta de la masa circundante de hemoglobina en el cuerpo, la cual puede ser medida de forma rápida, segura, económica y válida utilizando el método de reinhalación de monóxido de carbono (CO), definido por Schmidt y Prommer (Schmidt, W Prommer, N., 2005). La masa total de hemoglobina es una medida válida y confiable para monitorear los cambios longitudinales en la capacidad de captación de oxígeno (Eastwood, A., 2009), ya que no depende de las variaciones del plasma sanguíneo como la concentración de hemoglobina.

La masa total de hemoglobina (tHb-mass) es un factor clave en rendimiento de resistencia porque limita el transporte de oxígeno y por lo tanto la disponibilidad de oxígeno en el tejido muscular en atletas de élite (Wachsmuth, N., et al., 2013), en condiciones de normoxia un cambio en la masa de hemoglobina de 1g se asocia con un cambio en el VO_2 máx de aproximadamente 4 ml / min (Schmidt, W Prommer, N.,2010).

2.1.1. Diferencias entre la masa de hemoglobina y la concentración de hemoglobina

La masa de hemoglobina (tHb-mass) con relación a la hemoglobina sérica tienen diferencias importantes que se resumen a continuación (Schmidt, W., Prommer, N., 2010):

- La masa total de hemoglobina en combinación con el volumen total de sangre determina la hemoglobina sérica [Hb] y por lo tanto la capacidad de transporte de oxígeno.
- Cuando la masa total de hemoglobina aumenta, también lo hace el volumen de sangre, a través del incremento en el volumen de eritrocitos. Esto último explica la mayor correlación de la tHb mass con el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) en comparación a otras variables de medición como el volumen sanguíneo o la hemoglobina sérica [Hb].
- El umbral de estímulo eritropoyético en las mujeres, especialmente adultas jóvenes tiene una menor respuesta que los hombres jóvenes (6,6% de incremento de la tHb mass a igual VO_{2max} comparado con al menos el 12% en hombres), cuando las mujeres residen en altura intermedia se evidencia una falta de incremento en la masa de hemoglobina en comparación con los hombres en la misma altitud (Boning D., et al., 2004).

La literatura reporta que, en condiciones fisiológicas, no anémicas en normoxia, las influencias de la tHb-mass (g/kg) en el VO_2 máx son

mayores que las de la hemoglobina sérica (g/dL) (Schmidt, W., Prommer, N., 2010). Esta conclusión es respaldada por varios estudios que los que los cambios en la expansión y reducción del volumen plasmático, demostraron una relación más estrecha entre el VO_2 máx y la masa de hemoglobina, que entre el VO_2 máx y la [Hb] o el volumen sanguíneo.

2.1.2. Importancia de la masa de hemoglobina y de la respuesta hematopoyética en el entrenamiento de resistencia

Como anteriormente se ha nombrado es bien sabida la estrecha relación entre el volumen sanguíneo y la masa total de hemoglobina (tHb mass), en el contexto del entrenamiento de resistencia una de las adaptaciones fisiológicas más notables es el aumento del volumen sanguíneo (BV) (Heinicke, K., et al., 2001). Se ha sugerido que tHb mass y BV ejercen sus efectos limitadores del rendimiento solo en atletas de resistencia entrenados a largo plazo, esto debido a que un BV alto influye en el VO_2 máx gracias a un alto retorno venoso que es necesario para un alto volumen sistólico y, por consiguiente, un alto gasto cardíaco (Heinicke, K., et al., 2001), adaptaciones fisiológicas propias de los deportes de resistencia.

El consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx) es una medición fundamental en la captación de oxígeno por parte de los músculos, proceso altamente demandante en actividades aeróbicas o de resistencia, por ello se establece una relación entre el volumen sanguíneo y el consumo de

oxígeno, estableciendo que el aumento de 1 ml/kg de BV está relacionado con un aumento de 0.54 ml/kg del VO₂ máx (Heinicke, K., et al., 2001).

En el estudio de Heinicke y colaboradores (2001), se reporta que en los entrenados que practican modalidades deportivas que utilizan rutas metabólicas anaeróbicas, se evidenció que existe una marcada reducción de masa de hemoglobina (tHb mass), volumen plasmático (PV) y volumen sanguíneo (BV), con relación a los atletas entrenados en resistencia. Como resultado del mismo estudio, se determinó que sujetos entrenados en modalidades de resistencia tuvieron un 40% más de tHb mass que sujetos no entrenados.

En el estudio de Montero y colaboradores (2017) con sujetos desentrenados, se probó que con un protocolo de 8 semanas de entrenamiento de resistencia existe un aumento de la eritropoyetina (EPO) de forma aguda en las primeras sesiones de entrenamiento en resistencia, especialmente en la semana 2, produciéndose luego una estabilización de estos niveles hasta la semana 8. Estas adaptaciones fisiológicas del ejercicio de resistencia se presentan también en el volumen eritrocitario, el cual se aumenta a partir de la semana 4 debido a los cambios en el volumen plasmático y la producción de EPO (Montero, D., et al., 2017).

El entrenamiento de resistencia también tiene influencia en la secreción de enzimas que median la producción eritropoyética como la fosfatasa alcalina ósea, en el estudio de Hu y Colaboradores (2011) se encontró que en hombres de mediana edad sometidos a un programa de entrenamiento en resistencia se aumentaba la expresión de este biomarcador de la formación ósea, lo que se relacionaba con cambios en el conteo de los glóbulos rojos, el hematocrito y la concentración de hemoglobina corpuscular media. En síntesis, en este estudio se sugiere que los cambios adaptativos del metabolismo óseo inducidos por el entrenamiento de resistencia podrían mejorar el ambiente hematopoyético y facilitar la eritropoyesis (Hu, M., Finni, T., & Xu, L.,2011).

2.1.3. Influencia de la altura intermedia en la masa de hemoglobina

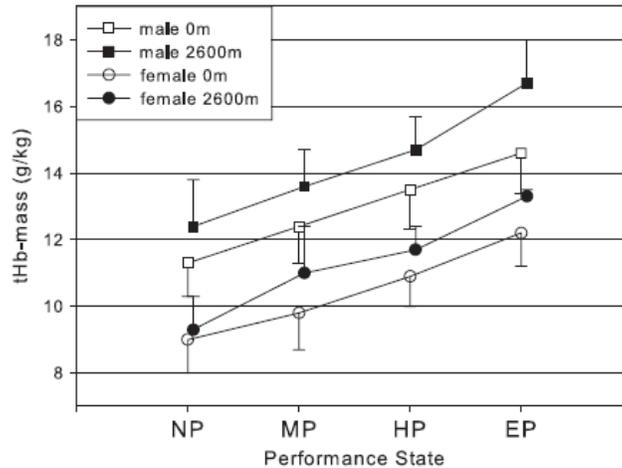
Es bien sabido que la hipoxia producida en condiciones de altura estimula la eritropoyesis, incrementa la masa total de hemoglobina (tHb mass) y el volumen sanguíneo (BV).

Son pocos los estudios que se han realizado en individuos sedentarios residentes en altitud intermedia y los cambios hematológicos, debido a la exposición a esta condición, la recopilación de las teorías apunta a que hay factores genéticos asociados a la respuesta ante la altitud (Płoszczyca¹, K., Langfort, J., Czuba, M., 2018) pero que a su vez hay

gran variabilidad individual en la producción de Eritropoyetina (EPO) en condiciones de hipoxia. Las investigaciones se han enfocado en las respuestas que se generan a partir del entrenamiento en la altitud; los factores que pueden afectar la respuesta hematológica al entrenamiento en altitud incluyen dosis hipóxica, contenido del entrenamiento y antecedentes de entrenamiento de los atletas, así como factores genéticos y las diferencias entre la producción de EPO (Płoszczyca¹, K., Langfort, J., Czuba, M., 2018).

En una revisión de varios estudios, realizada por Schmidt y Prommer (2008), en todos los grupos de deportistas masculinos, la tHb mass fue entre 9% y 14% mayor en la altitud que en los grupos similares del nivel del mar. Se encontró una imagen similar con diferencias ligeramente menores para los grupos femeninos. La mayor masa de células eritrocitarias (RCM) producida en respuesta a la altitud, fue compensada por el volumen plasmático reducido, que a su vez conduce a un volumen sanguíneo (BV) similar al de los habitantes de lugares al nivel del mar (Schmidt, W., Prommer, N., 2008).

Ilustración 1. Masa de Hemoglobina (tHb mass) en hombres y mujeres con diversos grados de entrenamiento de lugares al nivel del mar y de altitud moderada



Fuente: Schmidt, W., Prommer N., 2008

*Tipo de rendimiento deportivo: NP (Normal rendimiento), MP (Moderado rendimiento), HP (Alto rendimiento) y EP (Rendimiento Elite)

La ilustración refleja los cambios en la masa de hemoglobina por sexo y de acuerdo con la residencia en baja altitud (0 m) o moderada altitud (2600 m), sin importar los grados de rendimiento tanto hombres como mujeres que vivían en la altitud moderada tuvieron valores más altos de la masa de hemoglobina que sus iguales que vivían en la baja altitud. En mujeres las diferencias entre las altitudes no fueron tan marcadas, acorde al tipo de desempeño deportivo, en los hombres estas diferencias fueron mayores en todos los tipos de rendimiento teniendo los valores de tHb mass más altos en hombres deportistas de élite.

2.2. Aspectos fisiológicos del hierro

El hierro es uno de los micronutrientes que ha adquirido mayor importancia e interés en la salud pública, por las diversas interacciones y funciones que este mineral tiene en el organismo y en diversos procesos fisiológicos. El hierro está presente en 3 diferentes estados "redox": ferroso (Fe^{+2}), férrico (Fe^{+3}) y ferryl (Fe^{+4}). Porque el hierro existe en estos diferentes estados redox, participa en la transferencia de electrones, reacciones de oxidación-reducción y ligandos de forma reversible (la mayoría comúnmente oxígeno, nitrógeno y azufre) (Hinton, P., 2014). El intercambio entre los diferentes estados redox del hierro puede generar la formación de radicales libres que pueden afectar las membranas celulares y el DNA, para prevenir eso el hierro se encuentra muy poco de forma libre y es más abundante encontrarlo unido a proteínas de transporte, funcionales o de almacenamiento (Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J., 2010).

Una de las funciones más importantes que tiene el hierro en el organismo es como componente de las proteínas hemoglobina y mioglobina, por ello es fundamental en el transporte de oxígeno desde los pulmones a los tejidos, la captación de este elemento por parte de los mismos (por ejemplo, de los músculos) y el transporte del dióxido de carbono hasta los pulmones para la espiración (Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J., 2010). Del total de las reservas corporales de hierro (aproximadamente 3500 mg), el 65% está

distribuido en los eritrocitos como hemoglobina, es decir, en promedio unos 2300 mg (Muñoz, M., García, J., & Remacha, F., 2011).

2.2.1. Biodisponibilidad del hierro dietario

En los alimentos el hierro se puede encontrar en dos formas: Hierro *hem* y *No hem*, el primero tiene una mayor biodisponibilidad y se puede encontrar principalmente como hemoglobina y mioglobina en la carne, vísceras, aves de corral y el pescado (Vandevijvere et al, 2013). El hierro no hem es abundante en alimentos de origen vegetal y es la forma dominante de hierro en las plantas. El hierro no hem se encuentra en una amplia variedad de formas e incluye hierro soluble, hierro en complejos de bajo peso molecular, hierro de almacenamiento en ferritina y hierro en los centros catalíticos de una amplia gama de otras proteínas (Anderson, G., Frazer, D., 2017).

En general, las formas de hierro en estado oxidado férrico (Fe^{+3}) son las más abundantes, pero al mismo tiempo las menos solubles, lo que en parte ha contribuido a las marcadas deficiencias de hierro a lo largo del ciclo vital. Por lo anterior, varios estudios se han aproximado al porcentaje de absorción de hierro, en poblaciones Latinoamericanas el cual se ha estimado en un 18% del consumo total, valor que se ajusta al patrón de alimentación de la población colombiana (Sánchez, T., et al 2016). También se puede tomar como referencia la siguiente fórmula para estimar el porcentaje de absorción del hierro (Mantilla, C., Cardona, J., 2014):

$$\text{Hierro absorbido} = (\text{Hemo consumido} * 40\%) + (\text{No hemo consumido} * 20\%)$$

En la dieta generalmente el hierro hem se absorbe mejor que el hierro no hem, no obstante, también existen factores que pueden favorecer o inhibir la absorción del hierro en cualquiera de sus formas, muchos de ellos propios de la dieta, es decir, compuestos que interactúan con la absorción del mineral, y otros aspectos como el estado nutricional y la condición de salud del individuo que también la pueden afectar.

Uno de los factores dietarios son los polifenoles, los compuestos fenólicos que tienen grupos catecol (p. Ej., Catequina) o grupos galloílicos (por ejemplo, ácido gálico) tienen propiedades marcadas de unión al hierro no hem. Té, café, cacao, vino tinto, muchos vegetales (espinaca), granos (sorgo rojo), hierbas y especias (orégano, canela), contienen tales compuestos fenólicos y todos tienen un efecto inhibitor in vitro sobre la absorción de hierro (Zijp, I., Korver, O., Tijburg, L., 2000). La Vitamina A tiene un efecto contrario, en estudios se reportó que la adición de vitamina A a una comida del desayuno evitó el efecto inhibitor del consumo simultáneo de café, té y fitatos sobre la absorción de hierro (Zijp, I., Korver, O., Tijburg, L., 2000).

Los fitatos inhiben fuertemente la absorción de hierro de forma dependiente de la dosis e incluso pequeñas cantidades de fitato tienen un marcado efecto, las fuentes de este compuesto son el salvado, la avena y los alimentos ricos en fibra. Las dosis altas de ciertos otros elementos inorgánicos (por ejemplo, zinc, manganeso, cobre) también interfieren con la absorción de hierro no hem.

Otro factor inhibidor de la absorción del hierro es el calcio, las sales de calcio así como el contenido del mineral en productos lácteos, interfieren marcadamente con la absorción del hierro, la inhibición es igualmente fuerte para el hierro hem y el hierro no hem. En general, se supone que ≥ 100 mg de calcio inhibe la absorción de hierro tanto hem como no hem en un 50% (Zijp, I., Korver, O., Tijburg, L., 2000).

De otra parte, dentro de los factores que pueden potenciar la absorción del hierro no hem está un componente de la carne, el factor proteico de la carne (MPF). El consumo incluso de una pequeña cantidad de carne con alimentos que contienen hierro no hem es una forma eficaz para intensificar la absorción del hierro. La vitamina C y otros ácidos orgánicos de la dieta aumentan la absorción del hierro no hem, la vitamina C aporta un electrón al hierro férrico (Fe^{+3}) para producir hierro ferroso (Fe^{+2}), que luego forma un complejo soluble y absorbible con la Vitamina C en el enterocito (Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J., 2010). El ácido ascórbico también contrarresta el efecto inhibidor de los fitatos y flavonoides del té en la absorción de hierro (Zijp, I., Korver, O., Tijburg, L., 2000).

Finalmente, uno de los factores propios del estado de salud digestiva de los individuos es la producción de ácido gástrico, ya que este tiene una función importante en la absorción del hierro no hem, porque promueve la conversión de hierro férrico (Fe^{+3}) a hierro ferroso (Fe^{+2}), cuando la producción del ácido gástrico es reducida no se puede producir esta

conversión lo que lleva a la reducción de la absorción del hierro no hem (Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J., 2010). A continuación, se presenta la tabla resumen de los factores que afectan (ya sea por mejora o inhibición) la absorción de hierro:

Tabla 1. Factores que afectan la absorción de hierro

Factores que aumentan la absorción	Factores que disminuyen la absorción
Demanda corporal alta para los eritrocitos (pérdida de sangre, gran altitud, entrenamiento físico, embarazo)	Baja necesidad de hierro (alto nivel de almacenamiento de hierro)
Bajas reservas corporales de hierro	Ácido fítico en granos integrales y leguminosas
Hierro hem en alimento	Ácido oxálico en verduras de hojas
Factor proteico de la carne (MPF)	Polifenoles en té, café, vino tinto y orégano
Consumo de vitamina C	Acidez gástrica reducida
Acidez gástrica	Consumo excesivo de otros minerales (zinc, manganeso, calcio)

Fuente: (Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J., 2010).

2.2.2. Homeostasis del hierro

En cuanto a la absorción, transporte, almacenamiento y excreción del hierro es importante recordar que este micronutriente tiene su lugar de absorción en los enterocitos maduros de la mitad superior de las vellosidades y principalmente en las partes más proximales del intestino delgado (Anderson, G., Frazer, D., 2017). El hierro no hem atraviesa la membrana

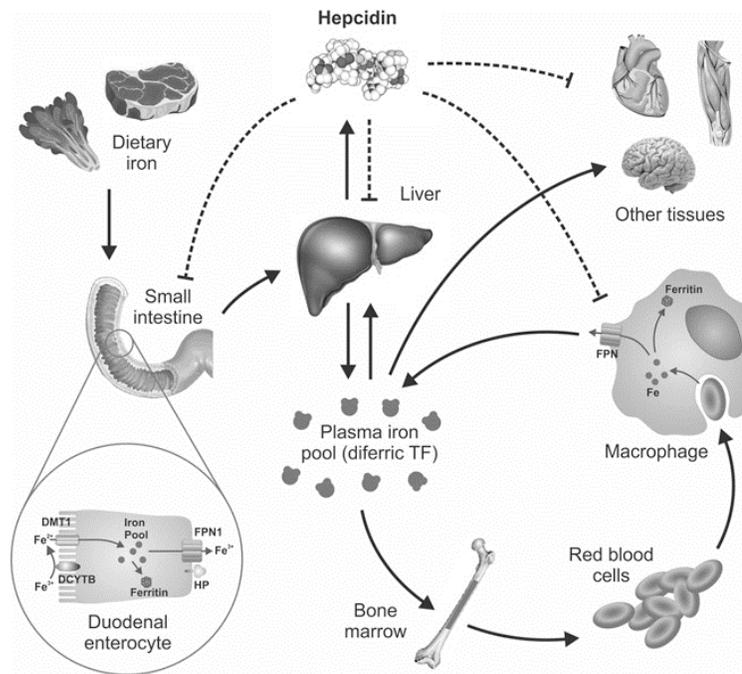
con borde en cepillo del enterocito a través de DMT1. Este transportador requiere hierro ferroso (Fe^{+2}) como sustrato, pero la mayoría del hierro de la dieta se encuentra en la forma férrica (Fe^{+3}), por lo tanto, el hierro debe reducirse antes de que pueda ser absorbido en su forma ferrosa o hem.

La ferritina es una proteína clave de unión con hierro en la mucosa intestinal, una parte de esa reserva permanece en la reserva intestinal pero otra parte se excreta cuando las células intestinales se desprenden después de varios días (Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J., 2010). Cabe recordar que la ferritina también es la principal forma de almacenamiento de hierro en el hígado y otros tejidos.

El hierro que entra a la corriente sanguínea se transporta en el plasma unido a la transferrina (TF) y se distribuye a los tejidos en todo el cuerpo. Cuantitativamente, la mayoría de hierro es utilizado por glóbulos rojos inmaduros en la médula ósea para la producción de hemoglobina. Los eritrocitos senescentes son fagocitados por los macrófagos, y el hierro se libera de la hemoglobina catabolizada y vuelve a entrar en la circulación. La hepcidina, péptido derivado del hígado, desempeña un papel crítico en la regulación de la ingesta y distribución de hierro corporal uniéndose a la FPN1 de la membrana plasmática en enterocitos, macrófagos y la mayoría de las células corporales, facilitando su internalización y degradación. La hepcidina, a su vez, está regulada por la demanda de hierro corporal (Anderson, G., Frazer, D., 2017).

En la ilustración, se plasma a nivel general el proceso de homeostasis del hierro desde su absorción, transporte, distribución y almacén en los tejidos, para cumplir sus funciones fundamentales.

Ilustración 2 Resumen de la homeostasis del hierro



Fuente: Anderson, G., Frazer, D., 2017

2.1.3. Consumo de hierro

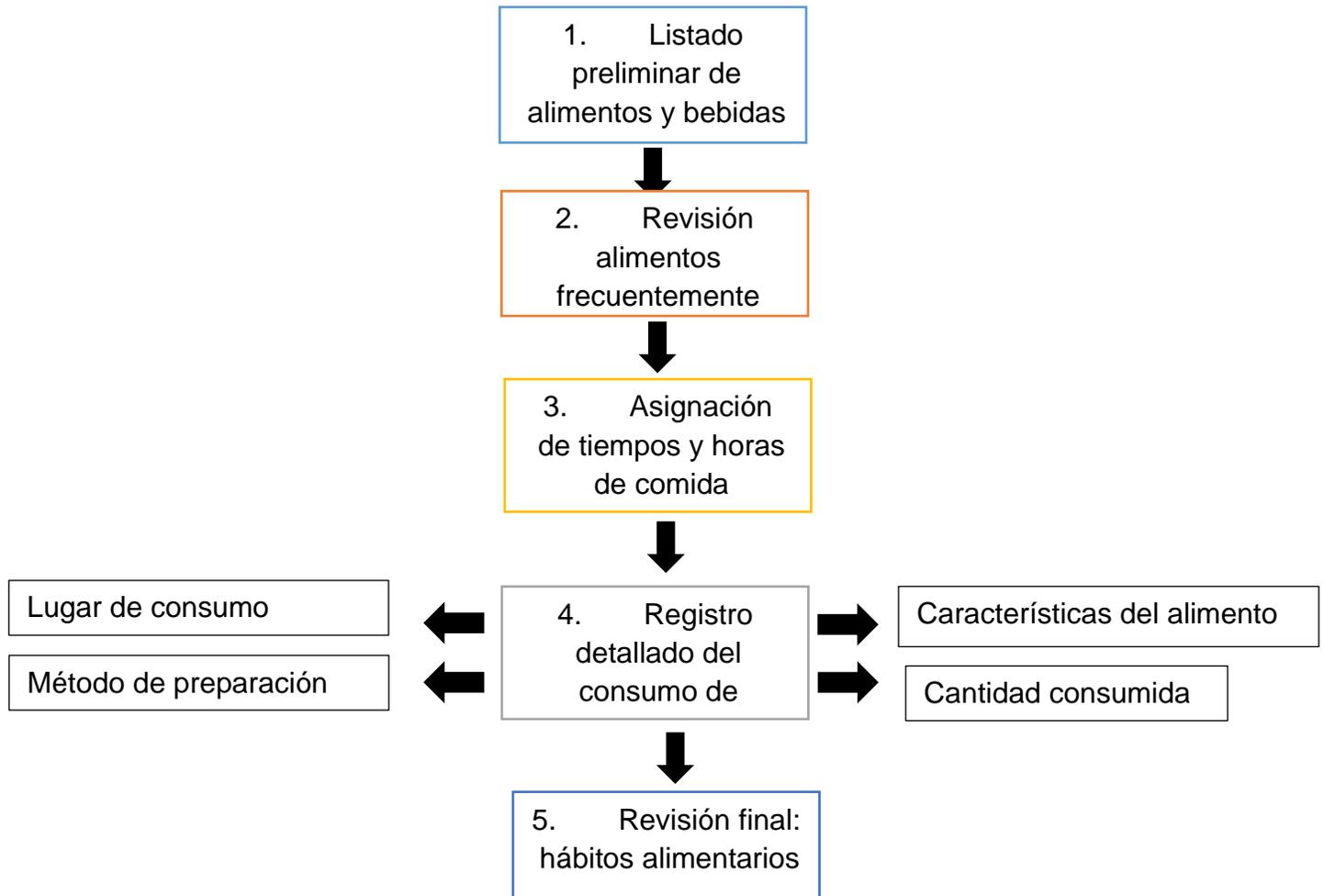
La medición del consumo alimentario se puede realizar por diversos métodos de registro dietario, estos miden la ingesta actual y la ingesta usual. En el primer grupo se encuentra el recordatorio de 24 horas, en el cual se indaga a la persona sobre lo que ingirió el día anterior, sólidos y líquidos (Suverza K., Haua A., 2010), este método se basa en una entrevista estructurada con preguntas dirigidas para ayudar al entrevistado a recordar

todos los alimentos consumidos durante un día (INCAP, 2006). En general en los recordatorios de 24 horas un entrevistador formula las preguntas y registra las respuestas, por lo que no es necesario que el entrevistado sea alfabeto, además se efectúan en poco tiempo por lo que este método puede realizarse en un amplio margen de la población (INCAP, 2006), por otro lado, como desventajas presenta los sesgos de memoria del entrevistado o situaciones propias de la entrevista.

De los Recordatorios de 24 horas más utilizados se encuentra el propuesto por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), realizado en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición (NHANES) y el cual ha reportado validez y efectividad en mujeres y hombres de distintos grupos etarios y estados nutricionales (Conway, Ingwersen & Moshfegh, 2004; Blanton, Moshfegh, Baer & Kretsch, 2006; Conway, Ingwersen, Vinyard & Moshfegh, 2003), dentro de estos estudios se ha señalado que este método contribuye a reducir el riesgo de reportes subestimados.

Esta metodología implica el seguimiento de 5 pasos reflejados en la Ilustración 3 (Steinfeldt, L., Anand, J., & Murayi, T, 2013):

Ilustración 3. Metodología General del Recordatorio de 24 horas por múltiples pasos.



Fuente: Conway, Ingwersen, Vinyard & Moshfegh, 2003.

En la ingesta usual el registro más utilizado es el Cuestionario de Frecuencia de Consumo, que consiste en una lista de alimentos y bebidas con varias opciones de respuesta sobre la frecuencia en que se consumen (diario, semanal, quincenal, mensual, ocasional o nunca), estos listados de alimentos deben incluir las fuentes de los nutrientes a evaluar, que sean de

frecuente consumo de la población estudiada (Suverza K., Haua A., 2010) y en algunos casos puede incluir cantidades de porciones.

Los registros dietarios de tipo retrospectivo como el Cuestionario de Frecuencia de Consumo (CFC), tienen como ventaja que se adaptan a diferentes poblaciones y propósitos, del mismo modo pueden categorizar a las personas de acuerdo con el consumo usual de nutrientes, alimentos o grupos de alimentos (INCAP, 2006). La mayor limitación de este método es la cuantificación exacta de la ingesta, esto incluye errores en la lista completa de alimentos posiblemente consumidos, en la estimación de la frecuencia y en la estimación de los tamaños usuales de porciones (INCAP, 2006).

De acuerdo con el Meta análisis de Capling y Colaboradores (2017) el uso de dos métodos de estimación de la ingesta dietaria puede mejorar la precisión de la evaluación del consumo, especialmente en poblaciones de deportistas adolescentes en las que se puede cuantificar efectivamente la ingesta energética combinando dos métodos de evaluación como el Cuestionario de Frecuencia de Consumo y el Recordatorio de 24 horas.

Ambos tipos de registros de la ingesta son utilizados en la evaluación dietaria específica de micronutrientes, a continuación, los estudios específicos de consumo de hierro y los métodos de estimación de este:

Tabla 2. Estudios relacionados con consumo de hierro y los métodos de recolección de la información dietaria

Autor / Fecha	Población	Método para medir consumo de hierro
Chacón O., 2011	Preescolares y escolares (niños y niñas de 1 a 5 años y de 6 a 12 años)	Recordatorio de 24 horas de dos días no consecutivos, espaciando tres o cuatro días. Se utilizaron fotografías y modelos de alimentos
Gamboa E., 2006	Adultos de 20 a 60 años	Cuestionario de frecuencia de consumo (CFC) del último mes, las listas de chequeo de alimentos se determinan por tabla de composición de alimentos y regresión lineal
Beck K. y colaboradores, 2012	Mujeres entre 18 y 44 años	Primera etapa dos Cuestionarios de Frecuencia de Consumo y en periodo de un mes las participantes completaron cuatro días de registro dietario.
Leonard A. y colaboradores, 2014	Mujeres de 18 a 35 años	Cuestionario de Frecuencia de Consumo (CFC) semicuantitativo y correlación con reporte de pesaje directo de alimentos
De Moura A. y colaboradores, 2016	Adolescentes entre 12 a 17 años	Recordatorio de 24 horas por el método de múltiples pasos y análisis de correlación con la variabilidad de Pearson

Autor / Fecha	Población	Método para medir consumo de hierro
		para valoración de ingesta de micronutrientes
Dos Santos L. y colaboradores, 2011	Mujeres de 20 a 40 años	Pesaje directo de alimentos en seis registros alimentarios mensuales en momentos diferentes del ciclo menstrual
Sánchez Pimienta T. y colaboradores, 2015	Niños de 1 a 4 años, niños de 5 a 11 años, adolescentes de 12 a 19 años y adultos de 20 años y más	Recordatorio de 24 horas por el método de múltiples pasos aplicado en dos días no consecutivos, un segundo recordatorio fue aplicado al 9% de la muestra
Mantilla C., Cardona J., 2014	Adolescentes de 18 a 20 años, adultos jóvenes 21 a 45 años y adultos medios 45 a 64 años, donantes de un banco de sangre	Cuestionario de Frecuencia de Consumo (CFC) semicuantitativa con una lista de 31 alimentos fuente de hierro con tamaños de porciones, se respaldó el cuestionario con modelos de alimentos y álbum fotográfico de porciones

Tal como se establece en la tabla anterior hay diversos métodos de medición de la ingesta alimentaria de hierro, los cuales datan la ingesta neta de micronutrientes para comparar si estos se adecuan a las recomendaciones poblaciones de energía y nutrientes. En ese sentido, las recomendaciones

de hierro se establecen en Colombia en el documento de las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes – RIEN para la población colombiana, las cuales muestran los aportes dietéticos recomendados (RDA), el requerimiento promedio estimado (EAR) y el nivel de ingesta máximo tolerable (UL) por grupo etario y sexo. En la tabla 2 se presentan las recomendaciones de consumo diario de hierro, para el grupo de edad de interés (13 a 18 años), tanto en hombres como en mujeres y teniendo presente un porcentaje de biodisponibilidad del hierro del 12%, de acuerdo con el tipo de dieta consumida en Colombia (Ministerio de salud., 2016).

Tabla 3 Aporte Dietético Recomendado (RDA), Requerimiento Promedio Estimado (EAR) y Nivel de Ingesta Máximo Tolerable (UL) de hierro por día, para hombres y mujeres adolescentes colombianos

<u>GRUPOS DE EDAD</u>	<u>HIERRO (mg/día)</u>		
	<u>RDA</u>	<u>EAR</u>	<u>UL</u>
Hombre 9-13 años	12	8,9	40
Hombre 14-18 años	17	11,6	45
Mujer 9-13 años	13	8,5	40
Mujer 14-18 años	23	11,9	45

Fuente: Ministerio de salud. (2016). Resolución número 3803 de 2016 - Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes (RIEN) para la población colombiana, 26.

3. Antecedentes

La búsqueda de los antecedentes se basó en la evaluación de consumo dietario de hierro y la masa de hemoglobina en adolescentes, tanto en tesis de posgrado como artículos originales y de revisión. Los Términos MeSH utilizados en la búsqueda fueron: “Consumo de Hierro”, “Ingesta de Hierro”, “Iron Intake”, “Iron AND Food Frequency Questionnaire”, “Iron AND 24 Hour Dietary Recall”, “24 Hour Dietary Recall”, “Iron Deficiency AND Total Hemoglobin Mass” y “Consumo alimentar”. Artículos con fechas de publicación de 2006 a 2016, en idiomas inglés, portugués y español y de las bases de datos PubMed, Elsevier, Science Direct y Google Scholar.

En la revisión literaria relacionada con las metodologías de evaluación de ingesta de nutrientes, específicamente de hierro, existen diferentes aproximaciones de acuerdo a los grupos etarios, la suplementación nutricional y la relación del consumo de alimentos fuentes de hierro con parámetros hematológicos. De acuerdo con esto los artículos resumidos a continuación, fueron los que finalmente se tuvieron en cuenta en la recopilación de antecedentes por reunir los requisitos de contenido, idioma, fecha de publicación y términos MeSH.

Cabe mencionar que existen pocos estudios que relacionen directamente la masa de hemoglobina y la ingesta de hierro, dentro de los estudios de referencia que más se acercan a esta relación se encuentra el realizado por Wachsmuth, N. y colaboradores en 2015, el cual sugiere el uso de la masa de hemoglobina para medir el efecto de la suplementación con hierro.

El objetivo del estudio se enfocó en los cambios en la masa total de hemoglobina con relación al grado de depleción de hierro y cómo esto afectaba la capacidad aeróbica (VO_2 máx), en una población de estudio de 30 mujeres atletas recreacionales de 19 a 41 años. Las participantes se clasificaron en tres grupos (deficiencia severa, deficiencia moderada de hierro y grupo control) con un periodo de intervención de 22 semanas, de las cuales 10 semanas eran de suplementación de hierro en los tres grupos.

Los resultados mostraron que, en el grupo de mujeres con deficiencia severa de hierro, hubo un aumento significativo de 15,6% de la tHb - mass, hasta el final de la suplementación; asimismo se determinó una correlación inversa entre los niveles de ferritina y de masa de hemoglobina, es decir que el incremento exponencial de la tHb - mass (a un valor de 156 g) fue encontrado en el valor más bajo de la ferritina (3 ng/mg). La correlación positiva se presentó entre Hemoglobina [Hb] y la masa de hemoglobina (tHb - mass) pero solamente en el grupo con deficiencia severa de hierro. En síntesis, la masa de hemoglobina es una herramienta muy sensible para el monitoreo de la magnitud de la deficiencia de hierro, el tiempo de evolución y recuperación durante y después de los periodos de suplementación de hierro (Wachsmuth, N. B., Aigner, T., Völzke, C., Zapf, J., & Schmidt, W. F., 2015).

La investigación realizada por Mora en 2003, también con mujeres en edad fértil (de 18 a 35 años), caracterizó variables hematológicas como la masa de hemoglobina, el consumo de oxígeno y el consumo de macro y micronutrientes, específicamente hierro, en una muestra de 36 mujeres residentes en altura intermedia en Bogotá

D.C., las cuales fueron clasificadas en tres grupos: No entrenadas (NE), Entrenadas Atletas (EA) y Entrenadas No Atletas (ENA).

Como resultado, se observó que el 54.5% de las mujeres entrenadas (E) y el 92.8% de las no entrenadas (NE) presentaron algún grado de inadecuación en el consumo de hierro, sin embargo, el consumo de hierro de los dos grupos de mujeres entrenadas fue superior en un 41% al consumo de este mineral en las mujeres no entrenadas. Al comparar la ingesta del grupo de entrenadas atletas con el grupo de no entrenadas se observó que el consumo de hierro total y de hierro no hem así como su porcentaje de absorción fue mayor en el grupo de entrenadas atletas que en las no entrenadas (Mora, M., 2003).

La medición de masa de hemoglobina denotó que el valor promedio de la masa de Hemoglobina de las mujeres entrenadas fue de 10.48 ± 0.36 g/Kg de peso corporal, el cual fue un 18% significativamente mayor que el encontrado para el grupo de mujeres no entrenadas cuyo valor promedio fue de 8.87 ± 0.25 g/kg de peso corporal. En síntesis, este estudio realiza la determinación de la correlación entre el consumo de hierro (mg/día) y la masa de hemoglobina (g/Kg) y los resultados arrojaron que en las mujeres entrenadas atletas (EA), entrenadas no atletas (ENA) y no entrenadas (NE) residentes en alturas intermedias, se presentó cierto grado de correlación positiva y estadísticamente significativa entre el consumo de hierro y la masa de hemoglobina. ($r= 0.38$ $P= 0.02$) (Mora. M, 2003).

Otro estudio similar realizado por Gualdrón M, y colaboradores estableció la relación del consumo de macronutrientes y micronutrientes, especialmente hierro y los niveles de ferritina sérica en 54 mujeres voluntarias entre 18 y 24 años de edad, universitarias No entrenadas, residentes en Bogotá y en Barranquilla. Se encontró que existían correlaciones importantes entre la ingesta de hierro total y la ingesta de vitaminas B1 ($r=0.80$, $p= 0.000$) y ácido fólico ($r= 0.76$, $p = 0.000$); también hubo diferencias significativas ($p = 0,037$) en la proporción en la que se presentó anemia entre las voluntarias de ambas ciudades (7,1% en Bogotá y 15% en Barranquilla), sin diferencias entre la proporción de voluntarias con ferropenia pero con Hematocritos significativamente incrementados en las mujeres residentes en Bogotá con relación a las mujeres que vivían en Barranquilla (Gualdrón, M, et al, 2006).

En resumen, este estudio permite concluir que en la altitud puede existir mayor uso de las reservas de hierro, sin compromiso en las reservas del mismo, porque como parte de esta investigación se encontró que no existe correlación entre la ingesta de hierro y los niveles de ferritina, lo que da a entender que las reservas corporales de hierro no son dependientes de la cantidad que se consume de este sino de la biodisponibilidad del mineral en el organismo.

Los demás estudios seleccionados, presentan un enfoque hacia el consumo de hierro y todos sus determinantes. Por ejemplo, una tesis de Maestría realizada por Gamboa, E. en 2006 establece el Diseño y Validación de un instrumento de medición de ingesta dietaria de hierro en 266 adultos de 20 a 60 años de

Bucaramanga. Como metodología se determinó el Cuestionario de frecuencia de consumo (CFC) del último mes, retomando un registro ponderado de 7 días (R7D) de un estudio anterior (“Desarrollo y validación de instrumentos de evaluación de dietas apropiadas para la Población Colombiana. Fases I y II”) para determinar la lista de alimentos ricos en hierro. Las listas de chequeo de alimentos para el CFC se determinaron por Regresión lineal múltiple (Max r y maximización de la varianza), % participación (%TP) de cada alimento a la ingesta total del nutriente y selección de alimentos basada en consenso de expertos. Para todos los anteriores se estableció coeficiente de determinación (R^2).

En síntesis, a partir de este estudio se concluye que se deben tener presentes las características del contexto local y regional (incluyendo tamaños de porción) y los estudios de reproducibilidad y validez para desarrollar cuestionarios de frecuencia de consumo, especialmente de micronutrientes, más que los instrumentos que se desarrollan a nivel poblacional, con hábitos alimentarios no comparables con la población a trabajar (Gamboa, E., 2006).

Las investigaciones también se han enfocado en medir la validez y reproducibilidad de los instrumentos de medición de la frecuencia de consumo, especialmente en grupos de edad con mayor riesgo de presentar deficiencia de hierro, como es el caso de las mujeres en edad fértil. Con relación a lo anterior, Beck y colaboradores midieron en su estudio la ingesta de hierro por medio de un Cuestionario de frecuencia de consumo, específico para este nutriente. Las mediciones se realizaron en dos ocasiones (FeFFQ 1 y FeFFQ 2), fueron evaluados con una

diferencia entre si de un mes y durante el mismo periodo las participantes completaron un registro de la dieta de 4 días (Beck, K., et al, 2012).

La ingesta de las mujeres fue clasificada en dos grupos: “Saludable”, por el consumo de frutas y verduras, frutos secos, pan integral, bebidas como té y agua y el grupo de “Sandwich y bebidas” cuyo patrón de consumo consistió en pan integral, mantequilla, queso, carnes, café, té negro y leche adicionada a bebidas.

El coeficiente de correlación entre el FeFFQ1 y el registro dietario de 4 días fue de 0.34 para la clasificación de “saludable” y 0.62 para el patrón de “Sandwich y bebidas” (los dos con una significancia estadística de $P < 0.001$); el coeficiente de correlación de FeFFQ 1 y FeFFQ 2 (reproducibilidad) fue de 0,76 para los dos grupos de patrones de consumo ($P < 0,001$). Concluyendo, el cuestionario de frecuencia de consumo es importante para establecer relaciones de la ingesta de hierro y las reservas corporales del mismo, debido a factores en la dieta que disminuyen su absorción y ciertos patrones de consumo de alimentos relacionados con este micronutriente.

La investigación de Leonard A., Chalmers K., Collins C., Patterson A. de 2014 correlacionó el cuestionario de conocimiento nutricional (incluyendo hábitos de vegetarianismo), la ingesta de hierro y parámetros hematológicos como ferritina sérica, hemoglobina, receptor soluble de transferrina (sTfR) y 1 – α glicoproteína.

Como resultado, no hubo asociación entre los conocimientos nutricionales generales y lo que las mujeres conocían acerca de las recomendaciones dietarias

por día de Hierro, pero si hubo correlación positiva del puntaje en conocimientos de nutrición y la ingesta dietaria de hierro ($r=0.25$, $P=0.01$). También hubo una correlación positiva entre la ferritina sérica y el consumo de carnes (res, pollo, cerdo, cordero y pescado) ($r = 0.31$, $P=0.01$) y derivados cárnicos ($r=0.27$, $P=0.02$).

Debido a los resultados de la correlación positiva entre productos de origen animal, especialmente cárnicos y el estado del hierro, se sugiere que la educación de los no vegetarianos se enfatice en los beneficios de un mayor consumo de carnes, y en el grupo de vegetarianismo la educación se enfatiza en los potencializadores e inhibidores de hierro en la dieta.

En Colombia, los estudios del consumo de hierro se han dirigido a la población infantil, especialmente en los programas de salud pública de suplementación o fortificación de hierro como lo es el programa de alimentación escolar. En ese sentido el estudio de Chacón, O., de 2011, señala que en los preescolares existe un consumo diario de hierro de alta biodisponibilidad entre 1,5 a 1,7 mg y en los escolares de 2,0 a 3,0 mg.

Para evaluar la ingesta de hierro, específicamente en los adolescentes, el estudio que trata los parámetros de consumo de micronutrientes en adolescentes de ambos géneros institucionalizados en Brasil, fue el Estudio ERICA (Estudio de Riesgo Cardiovascular en Adolescentes Brasileños) entre los años 2013 y 2014. Dentro de los procedimientos del estudio se trataba primero la recolección de datos por medio del Recordatorio de 24 horas (segundo cuestionario a submuestra para cálculo de

la ingesta usual individual) y un cuestionario de aspectos sociodemográficos, salud y estilos de vida (Anexo 1).

Los hallazgos de este estudio indicaron que en el subgrupo de mujeres de 14 a 17 años se presentó una inadecuada ingesta de hierro en un 14%, en contraste con los hombres de la misma edad con un 0,9%. La prevalencia de consumo de alimentos fuentes de hierro, de acuerdo al género y a subgrupos de edad, proviene en su mayoría de las leguminosas con un 62,4% (en mujeres de 12 a 13 años), 63,3% (en mujeres de 14 a 17 años), 72,4% (en hombres de 12 a 13 años) y 73,0% (en hombres de 14 a 17 años). La segunda prevalencia de ingesta de hierro más alta para los subgrupos fue para la carne de res en un 49,9% (mujeres de 12 a 13 años), 49,8% (mujeres de 14 a 17 años), 51,8% (hombres de 12 a 13 años) y 54% (hombres de 14 a 17 años).

En síntesis, los estudios que relacionan la ingesta de hierro y variables hematológicas como la masa de hemoglobina son escasos, específicamente para los adolescentes, tal como se mostró anteriormente. Estas relaciones han sido más frecuentemente estudiadas en mujeres en edad fértil, por ser también un grupo de interés para el estudio de la deficiencia de hierro, haciendo mediciones mayoritariamente con parámetros como la hemoglobina sérica y la ferritina.

Para la metodología de evaluación de la ingesta, de acuerdo con los antecedentes presentados y como se puede apreciar en el Anexo 1, ésta se realiza a través de los métodos de frecuencia de consumo de alimentos, recordatorio de 24 horas y

pesaje directo de alimentos, en algunas ocasiones; el primer método caracteriza las fuentes de hierro más consumidas, con una validación por registro diario de alimentos, y el recordatorio de 24 horas se emplea para determinar la ingesta habitual de los sujetos, pero con evaluaciones en más de una oportunidad por sujeto con el fin de brindar mayor validez a la ingesta de micronutrientes.

4. Planteamiento del problema

El consumo de hierro es fundamental para los procesos de crecimiento y desarrollo en la infancia y en la adolescencia, también es un micronutriente primordial en el desempeño deportivo en estas edades, dado que la reducción de sus reservas interviene en la capacidad de trabajo deportivo produciendo una reducción en la adaptación al entrenamiento y en el rendimiento (Academy of Nutrition and Dietetics, 2016). De acuerdo con lo anterior, los atletas adolescentes tienen un mayor riesgo de pérdidas de hierro debido al balance negativo entre la ingesta y las pérdidas de hierro asociadas a la transpiración, a la hemólisis por el impacto del gesto deportivo, los procesos inflamatorios agudos inducidos por el ejercicio, algunas pérdidas por hemorragias digestivas y por la menstruación (Alaunyte, I., Stojceska, V., & Plunkett, A., 2015) (Hinton, P., 2014) (Desbrow, B. et al., 2014).

En el marco de la práctica deportiva parámetros hematológicos como el volumen corpuscular medio, el contenido de eritrocitos y reticulocitos son más altos en atletas cuyos sistemas energéticos son aeróbicos, como en los deportes de resistencia, en comparación a atletas que utilizan sistemas energéticos mixtos o anaeróbicos (Milic, R., Martinovic, J., & Dopsaj, M., 2011). Esto demuestra la importancia del consumo de hierro debido a las altas necesidades de transporte de oxígeno a los músculos, la generación de energía (ATP) y la producción y síntesis de DNA (Desbrow, B. et al., 2014), estas demandas son aún mayores en modalidades deportivas de

resistencia, lo cual contribuye a los altos requerimientos de hierro de los atletas que las practican.

Desde la mirada poblacional, lo que revela la ENSIN 2010 es que la prevalencia de deficiencia de hierro en los adolescentes colombianos es del 11%, cifra que es mayor en comparación a la de la población escolar (8,1%) y a la de las mujeres en edad fértil (7,6%), considerándose un nutriente crítico en la población valorada en este estudio (ICBF, 2010), de ahí que las recomendaciones poblacionales enfatizan la importancia del consumo de fuentes de hierro con mayor absorción. En virtud de esto, la caracterización del consumo de hierro total y sus formas más biodisponibles, cobra importancia en el abordaje nutricional integral de los adolescentes, en especial del atleta joven cuyas condiciones de entrenamiento y consumo alimentario tienen relación con el estatus del hierro (Alaunyte, I., Stojceska, V., & Plunkett, A., 2015) y los indicadores fisiológicos más utilizados en su evaluación.

Particularmente en personas entrenadas uno de los biomarcadores que más relaciona las reservas de hierro con el rendimiento deportivo es la Masa Total de Hemoglobina (tHb-Mass), determinante para alcanzar la máxima capacidad aeróbica. Con el aumento de 1g de masa total de hemoglobina se puede lograr un incremento del consumo máximo de oxígeno en 4 ml/min en adultos (Schmidt, W Prommer, N., 2010).

La mayoría de los estudios que relacionan la ingesta de hierro y la masa de hemoglobina han sido realizados en población adulta, por lo cual es necesario observar este comportamiento en otros grupos de edad, como los adolescentes.

Además, diversos estudios han determinado que, con relación al grado del entrenamiento, la masa de hemoglobina es más baja en individuos sedentarios sanos que en atletas entrenados, esto debido a la reducción de la disponibilidad de oxígeno a nivel muscular (o entrega de oxígeno) derivado del flujo sanguíneo muscular propio del ejercicio físico (Otto, J. M., Montgomery, H. E., & Richards, T., 2013).

En Colombia, una aproximación a la relación de consumo de hierro con marcadores bioquímicos se realizó en la ciudad de Medellín con 109 adultos, encontrando una ingesta de hierro promedio de 12,3 mg/día con un 61% de las fuentes consumidas provenientes del hierro no hémico. Al relacionar el hierro consumido al día con la cuantificación de la hemoglobina sérica, esta correlación fue nula ratificando la baja sensibilidad de esta prueba bioquímica para detectar estados iniciales de la deficiencia del micronutriente (Mantilla, C Cardona, J., 2014).

De acuerdo con lo anterior, es evidente la relevancia de realizar estudios sobre ingesta de hierro, que vayan más allá de la sola medición de su consumo, especialmente en poblaciones que realicen una práctica deportiva, y determinar, además, su relación con la masa de hemoglobina, puesto que puede considerarse un indicador potencialmente sensible ante demandas corporales de hierro. A la fecha de la presente investigación, no existen estudios relacionados con el consumo de hierro y la masa de hemoglobina en población adolescente entrenada o no entrenada, tal como se evidencia en los antecedentes. En vista de la ausencia de evidencia en el tema, se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuál es la relación entre la

ingesta de hierro y la masa de hemoglobina en adolescentes entrenados en resistencia y no entrenados, residentes en Bogotá D.C.?

5. Justificación

En la última década en la política pública se ha enfatizado la importancia del estudio de las deficiencias de micronutrientes en la población colombiana, especialmente en las poblaciones en riesgo, es decir niños y niñas menores de 2 años, niños y niñas en edad escolar, mujeres adolescentes, mujeres en edad reproductiva, gestantes y adultos mayores.

Lo que revela la más reciente Encuesta Nacional de Situación Nutricional en Colombia ENSIN 2010, sobre la deficiencia de hierro en la población adolescente es que la prevalencia total de deficiencia de hierro fue de 10.6%, la media de hemoglobina en este grupo fue de 14,4 g/dL (IC 14,3 – 14,4) y el 25% de la población presentó valores inferiores a 13,4 g/dL.

En el análisis por subgrupos de edad, a los 13 años se presenta la más alta prevalencia de deficiencia de hierro con un 17.7%. Se observó una tendencia de menor prevalencia a mayor edad, hasta alcanzar 7,2% en adolescentes de 17 años (ENSIN, 2010).

De acuerdo con las cifras sobre la deficiencia de hierro en los adolescentes en Colombia, el abordaje de la ingesta de este nutriente y su relación con marcadores

bioquímicos como la masa de hemoglobina, puede ser de gran interés en varios ámbitos:

El primero es el Sistema Nacional del Deporte, quien tiene como línea fundamental de trabajo el abordaje nutricional en la proyección de talentos deportivos colombianos. Este aspecto es relevante para el surgimiento del talento y reserva deportiva del país, especialmente en disciplinas que requieren alta captación y demanda de oxígeno, en las cuales la determinación de la ingesta de hierro permitiría enfocar la intervención nutricional y la maximización de los logros deportivos.

En segundo lugar, este estudio aporta una línea de base del consumo de hierro en los adolescentes participantes del estudio, especialmente la ingesta de hierro en el marco de la práctica de diferentes modalidades deportivas de resistencia, tales como atletismo, marcha y ciclismo. Esto será enriquecedor para el sistema educativo, ya que permitirá reorientar la educación alimentaria y nutricional, especialmente en la diversificación de la dieta en esta población desde el contexto institucional en básica secundaria y media vacacional.

A partir de los resultados obtenidos en relación con la ingesta de hierro es posible el establecimiento de recomendaciones nutricionales apropiadas conforme a las necesidades de entrenamiento físico en los adolescentes participantes en el estudio. En ese sentido, se ha documentado que dentro de los hábitos alimentarios de los adolescentes hay bajo consumo de verduras y frutas a diario, alta frecuencia

de consumo de gaseosas (2 o más veces en el día) e ingesta de snacks entre comidas (Piñeros, E., Pardo, M. Poveda, E., 2011).

Debido al bajo consumo de alimentos fuentes de hierro, unido a otros inadecuados hábitos de alimentación como los anteriormente mencionados, es importante estudiar el consumo de este mineral en adolescentes deportistas con el fin de evitar deficiencias de micronutrientes, dado que el hierro es un elemento importante en el mantenimiento del consumo de oxígeno en función del rendimiento físico (Otto, J. M., Montgomery, H. E., & Richards, T., 2013)

El presente estudio brindará también información complementaria sobre la influencia de los niveles de actividad física en marcadores bioquímicos de salud sanguínea como la masa de hemoglobina y los patrones de ingesta de fuentes de hierro, compuestos y/o nutrientes que mejoran o inhiben su absorción en un grupo de adolescentes entrenados y no entrenados, residentes en la ciudad de Bogotá.

Tal como se documenta en los antecedentes, actualmente existen pocas investigaciones reportadas en la literatura sobre la relación del consumo de hierro en adolescentes, con parámetros bioquímicos como la hemoglobina o la masa de hemoglobina; no existen revisiones concretas o documentación relacionada específicamente para el grupo etario, el nivel de actividad física (entrenados y no entrenados) y la residencia en la altura intermedia, variables que se tendrán en cuenta en la presente investigación. Las investigaciones relacionadas con el tema

se han centrado en otros grupos etarios como hombres y mujeres adultos jóvenes y en mujeres postmenopáusicas.

Por lo anterior, el presente proyecto se considera novedoso por la temática abordada y, además, por la metodología que se utilizará, al determinar el consumo de alimentos a través del método de Recordatorio de 24 horas por pasos múltiples. Es una de las primeras investigaciones en Colombia en las que se utiliza como método de recolección de información sobre la ingesta habitual de alimentos, el Recordatorio de 24 Horas por la metodología de Múltiples Pasos, tal como se puede apreciar en el Anexo 1 de los antecedentes.

6.Objetivos

General: Establecer la relación entre la ingesta de hierro y la masa de hemoglobina en adolescentes no entrenados y entrenados en resistencia, residentes en Bogotá D.C.

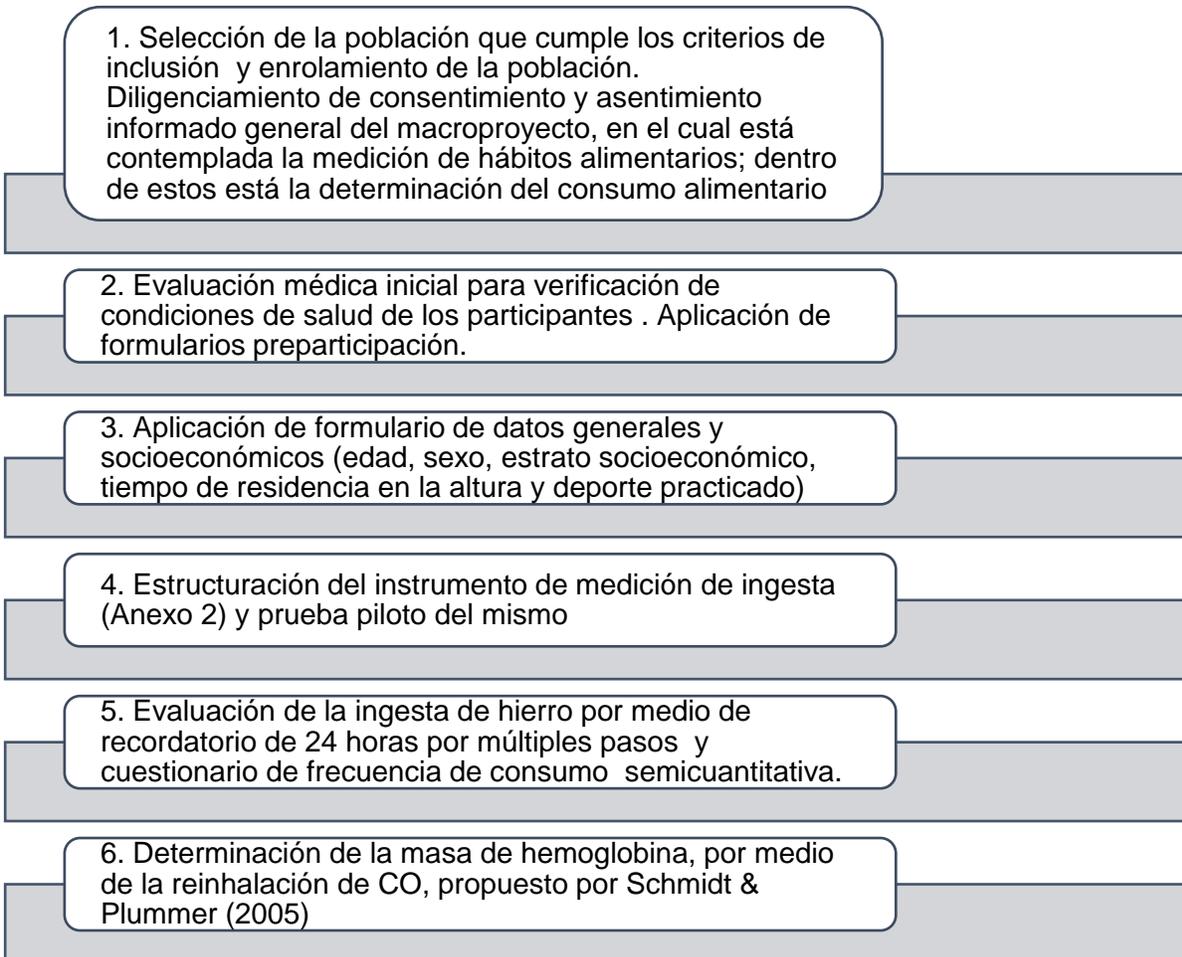
Específicos:

- Determinar el consumo de hierro total, hémico y no hémico en los adolescentes entrenados y no entrenados participantes en el estudio.
- Establecer la relación entre la masa de hemoglobina, el consumo de hierro total y otros nutrientes consumidos en los adolescentes entrenados y no entrenados participantes en el estudio.

7. Metodología

Dentro de este capítulo se presenta lo relacionado con tipo de estudio, población y muestra, variables, instrumento, recolección y procesamiento de datos, y plan de análisis. A continuación, se presenta un esquema general de las fases del estudio:

Ilustración 4. Fases y procedimientos del estudio



Fuente: Elaboración propia

7.1. Tipo de estudio

Estudio observacional analítico de correlación con corte transversal, el cual se caracteriza por presentar una medición única de las variables en el tiempo. Al ser analítico correlacional pretende establecer si dos variables están relacionadas y medir el grado de relación que existe entre ellas, en dos grupos de adolescentes, un grupo entrenado en deportes de resistencia y otro no entrenado para determinar la relación entre la ingesta de hierro y la masa de hemoglobina.

Se consideró como entrenado en deportes de resistencia a aquel adolescente que tuviese un volumen de entrenamiento físico semanal igual o mayor a 6 horas, en deportes de resistencia como ciclismo, ciclomontañismo, patinaje (modalidades de semifondo y fondo) y atletismo (modalidades de semifondo, fondo y marcha atlética), y que tuvieran una edad deportiva mínimo de un año en el deporte practicado. Para el grupo de no entrenados se incluyeron aquellos que acumularan menos de 6 horas semanales de ejercicio físico. Los integrantes de los dos grupos debían residir en altura intermedia correspondiente a 2000 - 3000 msnm por un tiempo no inferior a 5 años.

7.2. Población de estudio

La población de estudio corresponde a adolescentes, hombres y mujeres de 13 a 18 años residentes en Bogotá divididos en dos grupos: entrenados en resistencia y no entrenados. Los entrenados pertenecen a clubes deportivos adscritos a la Liga de Bogotá del Instituto Distrital de Recreación y Deportes (IDRD), en las modalidades de atletismo, ciclismo y patinaje, reclutados dentro del estudio “Comparación del Comportamiento de Variables Hematológicas, Hormonales y del Consumo de Oxígeno en Niños y Adolescentes Entrenados en Resistencia Residentes en Baja y Moderada Altitud” dentro del cual se desarrolló el presente estudio, entre septiembre de 2016 y mayo de 2017. Los adolescentes no entrenados fueron estudiantes de los grados octavo, noveno, décimo y once del Colegio Instituto Pedagógico Arturo Ramírez Montufar (IPARM) reclutados dentro del mismo periodo de tiempo.

7.3. Tamaño y selección de la muestra

Teniendo en cuenta los criterios que debían cumplir los adolescentes para ingresar a los grupos de entrenados y no entrenados se estableció que la muestra no fuese probabilística, seleccionando los individuos a conveniencia (muestreo no probabilístico intencional). La muestra de este estudio es una submuestra de la investigación “Comparación del Comportamiento de Variables Hematológicas, Hormonales y del Consumo de Oxígeno en Niños y Adolescentes Entrenados en Resistencia, Residentes en Baja y Moderada

Altitud". Los criterios fueron cumplidos por 45 adolescentes de los cuales 25 se clasificaron como entrenados y 20 como no entrenados por tanto los resultados de este estudio aplican a los individuos de este, es decir, no cuenta con validez externa. A continuación, se explican dichos criterios.

7.4. Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión que tuvieron que cumplir los adolescentes para ser clasificados dentro de los grupos de estudio fueron:

Los criterios de inclusión fueron:

- Los adolescentes (hombres y mujeres) debían residir en moderada altitud (2000 – 3000 msnm).
- Adolescentes de ambos sexos, con edades comprendidas entre los 13 y 18 años.
- Tener un Índice de masa corporal –IMC normal para la edad utilizando los criterios de la Resolución 2465 del 2016 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia.
- Haber nacido y vivido por los últimos 5 años en alguna ciudad colombiana de moderada altitud (2000 - 3000 msnm), incluyendo la ciudad de Bogotá.
- Para los entrenados, cumplir un volumen de entrenamiento físico semanal igual o mayor a 6 horas, en deportes de resistencia como ciclismo, ciclomontañismo, patinaje (modalidades de semifondo y fondo) y atletismo (fondo y marcha).

- Para los no entrenados se incluyeron a aquellos que acumularon menos de 6 horas semanales de ejercicio físico.

Se consideraron como **criterios de exclusión** los siguientes:

- Presentar dentro del examen médico signos de enfermedad que impidan la realización de los procedimientos propuestos en el estudio.
- Consumo de suplementos de hierro o ácido fólico en los últimos 6 meses.
- Diagnóstico actual de anemia, enfermedades renales, pulmonares, o cardiovasculares o alguna que afecte el comportamiento de las variables hematológicas.
- Ser fumador.
- En el caso de las mujeres púberes, planificar con métodos hormonales, sospecha o confirmación de embarazo, sangrado menstrual excesivo por más de 8 días y ciclos menstruales menores de 20 días.
- Haber suspendido el entrenamiento físico por más de una semana en los últimos dos meses (para la categoría de entrenado en resistencia).
- Haber estado expuesto a un ambiente de menor altitud durante más de tres días en el último mes.
- Ser lactovegetariano, ovovegetariano, lactovovegetariano o vegano.
- Tener algún régimen o tratamiento alimentario clínico especial (ej: Dietas hospitalarias, planes alimentarios restrictivos en algún macro o micronutriente).

- En la alimentación actual (recordatorio de 24 horas) que presente un consumo no habitual o fuera del patrón alimentario, por algún evento o circunstancia.

7.5. Variables

A continuación, se presenta las variables medidas en el estudio a partir de dos fuentes, la primera proveniente de la base de datos en Excel del cuestionario de información socioeconómica dentro del estudio “Comparación del Comportamiento de Variables Hematológicas, Hormonales y del Consumo de Oxígeno en Niños y Adolescentes Entrenados en Resistencia Residentes en Baja y Moderada Altitud” y la segunda a partir del formulario de captura del componente de ingesta aplicado a los participantes dentro de este estudio y utilizado para medir la ingesta de hierro, factores inhibidores y mejoradores de la absorción del hierro. En la siguiente tabla se presentan las variables teniendo en cuenta la fuente de los datos:

Tabla 4. Variables del estudio

Variable	Definición	Tipo y naturaleza de variable	Operacionalización de variable	Fuente
Sexo	Condición biológica que describe las características sexuales secundarias que identifican al macho y la hembra en humanos.	Cualitativa nominal	Mujer Hombre	Anexo 2. Evaluación de la ingesta dietaria. Parte 1.
Edad	Edad cronológica en años contada desde el momento del nacimiento hasta la fecha de la aplicación del formulario.	Cuantitativo discreta de razón	Años	Anexo 2. Evaluación de la ingesta dietaria. Parte 1.
Estrato socioeconómico	La estratificación socioeconómica es una clasificación en estratos de los inmuebles residenciales que deben recibir servicios públicos. Se realiza principalmente para cobrar de manera diferencial por estratos los servicios públicos domiciliarios permitiendo asignar subsidios y cobrar contribuciones en esta área. (DANE, 2019)	Cualitativa ordinal	1. Bajo-bajo 2. Bajo 3. Medio-bajo 4. Medio 5. Medio-alto 6. Alto	Anexo 2. Evaluación de la ingesta dietaria. Parte 1.
Lugar de residencia	Lugar donde ha vivido el adolescente los últimos 5 años.	Cualitativa nominal	Lugar	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
Tiempo de residencia en altura	Tiempo vivido en altura intermedia (2000 - 3000 msnm)	Cualitativa nominal	Residencia \geq 5 años	Cuestionario de información socioeconómica (excel)

Variable	Definición	Tipo y naturaleza de variable	Operacionalización de variable	Fuente
Deporte practicado	Tipo de deporte de resistencia practicado: ciclismo de ruta, ciclomontañismo, patinaje (carreras y ruta) y atletismo, en las disciplinas de marcha y fondo.	Cualitativa nominal	1. Atletismo 2. Ciclismo 3. Marcha 4. Patinaje	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
Entrenamiento semanal	Tiempo en horas de entrenamiento o actividad física a la semana.	Cuantitativa discreta de razón	Horas por semana	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
Edad deportiva	Tiempo en meses de realización de la práctica deportiva	Cuantitativa discreta	Número de meses	Anexo 2. Evaluación de la ingesta dietaria. Parte 1.
Peso	Peso corporal es la fuerza que genera la gravedad sobre el cuerpo humano medida en kilogramos.	Cuantitativa continua de razón	Kg.	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
Talla	Estatura de una persona medida de pie desde la planta del pie hasta el vértice de la cabeza (coronilla) expresada en centímetros.	Cuantitativa continua de razón	Cm.	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
Hemoglobina	Proteína presente en el torrente sanguíneo que permite que el oxígeno sea llevado desde los órganos del sistema respiratorio hasta todas las regiones y tejidos. La medición se expresa en gramos por decilitro.	Cuantitativa continua de razón	Muestra de sangre para procesamiento con resultado expresado en g/dl .	Cuestionario de información socioeconómica (excel)

Variable	Definición	Tipo y naturaleza de variable	Operacionalización de variable	Fuente
Hematocrito	Porcentaje (%) que ocupa la fracción sólida de una muestra de sangre anticoagulada, al separarse de su fase líquida (plasma). Está determinado casi enteramente por el volumen que ocupan los glóbulos rojos (también llamados hematíes o eritrocitos).	Cuantitativa continua de razón	Muestra de sangre para procesamiento con resultado expresado en %	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
HbCO en sangre	Acumulación de carboxihemoglobina (HbCO) en sangre expresada en porcentaje, después de inhalar con un respirómetro un volumen de CO mezclado con oxígeno puro. (Schmidt y Prommer)	Cuantitativa continua de razón	Dos muestras de sangre del lóbulo de la oreja con intervalo de 6-8 minutos. La segunda posterior a la inhalación de CO mezclado con oxígeno puro.	Cuestionario de información socioeconómica (excel)
Vco en sangre	A través de un analizador se mide el monóxido de carbono existente en el aire alveolar en reposo. Luego, la persona respira una mezcla de O ₂ :CO durante 2 min en un espirómetro. El CO no unido a la Hb que permanece en los pulmones, se mide con el analizador 2 minutos después de terminada la inhalación, haciendo que la persona exhale en forma profunda el aire	Cuantitativa continua de razón	Espiración medida con analizador	Cuestionario de información socioeconómica (excel)

Variable	Definición	Tipo y naturaleza de variable	Operacionalización de variable	Fuente
	contenido en los pulmones.			
Consumo de alimentos fuente de hierro, Vit. C, proteína, calcio y fibra dietaria.	Cantidad del alimento consumido durante las 24 horas previas a la entrevista expresadas en gramos o mililitros. Se indaga mediante recordatorio de 24 horas o registro individual de ingesta de alimentos, para explorar alimentos y preparaciones por tiempo de comida.	Cuantitativa continua de razón	Se aplicó el instrumento completo denominado registro individual de ingesta/ recordatorio de 24 horas, método de múltiples pasos.	Anexo 2. Evaluación de la ingesta dietaria. Parte 4.
Frecuencia de consumo de alimentos	Frecuencia de consumo Diario, 2 -3 veces por semana, 1 vez por semana, quincenal, mensual, ocasional o nunca de los alimentos que aportan hierro, Vit. C, proteína, calcio y fibra dietaria. Esta medición es cualitativa. Los alimentos indagados son: leche, kumis/yogurt, queso, carne de res/cerdo, pollo, pescado, morcilla, etc., para un total de 40 categorías y el agua. Ver Anexo 2 Parte 3.	Cualitativa nominal	Se aplicó el instrumento completo denominado Cuestionario de Frecuencia de consumo de alimentos.	Anexo 2. Evaluación de la ingesta dietaria. Parte 3.

7.6. Instrumento de medición

La ingesta de hierro y de los nutrientes que influyen en su absorción se realizó mediante el Recordatorio de 24 horas por múltiples pasos (Ver Anexo 2), de acuerdo con el método establecido por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) (Conway, Ingwersen & Moshfegh, 2004; Blanton, Moshfegh, Baer & Kretsch, 2006; Conway, Ingwersen, Vinyard & Moshfegh, 2003; Steinfeldt, L., Anand, J., & Murayi, T, 2013). Este se tomó para un día habitual de consumo de alimentos (día entre semana, que incluya patrón normal de consumo) y se realizó un segundo día de recordatorio de 24 horas a una submuestra del 20% de la muestra total del estudio, para estimar la variabilidad por persona y determinar la ingesta usual de alimentos.

Para cuantificar las cantidades de alimentos y productos consumidos durante un día, se emplearon modelos físicos de alimentos previamente estandarizados y el álbum fotográfico de porciones de la Universidad Industrial de Santander (Universidad Industrial de Santander, 2011).

También se realizó la medición de la frecuencia de consumo de los alimentos fuente de los nutrientes durante el último mes para caracterizar la frecuencia de ingesta específica de alimentos fuentes de hierro, calcio, vitamina C y fibra.

El formulario fue sometido a prueba piloto para medir los tiempos de ejecución y ajustes requeridos en las preguntas.

7.7. Recolección y Procesamiento de datos

La recolección de los datos relacionados con ingesta dietaria se realizaron concertando citas con los adolescentes. La duración de la aplicación del Anexo 2 fue de 2 horas. Este proceso de recolección se realizó durante 4 meses entre septiembre y diciembre de 2017. Los demás datos, recibidos en la base de datos fueron capturados por otro equipo de profesionales y estudiantes en el mismo periodo de tiempo ya descrito.

Para determinar el consumo de hierro total por día (mg/día), sus factores inhibidores y mejoradores de la absorción, como son consumo de proteína total al día (g/día y g/kg/día), consumo de vitamina C (mg/día), consumo de calcio (mg/día) y consumo de fibra dietaria (g/día), se usó una hoja de Excel que calculó la adecuación de consumo de nutrientes con base en el análisis químico de energía, macro y micronutrientes tomados de la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos (ICBF,2015) y las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes- RIEN para la población colombiana (Ministerio de salud, 2016). Dentro del aplicativo en Excel para el análisis químico se agrupó el aporte de hierro de cada alimento consumido en Hierro Hem (mg) y No Hem (mg), se clasificó el Hierro Hem para alimentos como carnes (de res, pollo y cerdo), pescados, vísceras y productos cárnicos derivados. Se clasificó como Hierro No Hem alimentos tales como lácteos, huevos, alimentos de origen vegetal como verduras, frutas, leguminosas y alimentos enriquecidos con hierro.

En general, para la tabulación de resultados se contó con base de datos en Excel y para el análisis se utilizó SPSS Statistics 22.

7.8 Masa de Hemoglobina

La determinación de masa de hemoglobina (Hbt) se realizó de acuerdo con la metodología de Reinhalación de Monóxido de Carbono (CO) descrita por Schmidt y Plummer (Schmidt, W., Prommer, N., 2005). Mediante esta metodología, la persona inhala a través de un sistema cerrado (respirómetro) un volumen de CO mezclado con oxígeno puro. El volumen de CO se calculó para cada persona considerando actividad física, edad, sexo y altitud (0.7-1.0 mlCO/kg de peso corporal). La acumulación de carboxihemoglobina (HbCO) en la sangre se analizó en muestras del lóbulo de la oreja. A través de un analizador se midió el monóxido de Carbono (Dräger, Alemania) existente en el aire alveolar en reposo. Luego, la persona respira una mezcla de O₂:CO durante 2 min en un espirómetro. El CO no unido a la Hb y que permanece en los pulmones, se midió con el analizador 2 minutos después de terminada la inhalación, haciendo que la persona exhalaria en forma profunda el aire contenido en los pulmones. Nuevamente, una muestra de sangre se tomó en los minutos 6 y 8 para determinar la HbCO.

7.9 Plan de análisis

El presente plan de análisis explica el análisis estadístico aplicado a los datos recolectados y la transformación de algunas variables para obtener la información requerida para el estudio. Este análisis se presenta de manera univariada y bivariada para responder a los objetivos planteados como aparece a continuación:

Se realizó análisis univariado de las variables cualitativas categóricas como deporte practicado, en términos de frecuencia absoluta y relativa. La frecuencia de consumo por grupos de alimentos se presentó en las categorías 1 vez por semana, 2-3 veces por semana, diario, mensual, nunca y ocasional mediante frecuencia relativa y absoluta, tanto general como bivariado para entrenados y no entrenados. Se consideró sujeto entrenado a aquel adolescente que cumplió con los siguientes criterios: volumen de entrenamiento físico semanal igual o mayor a 6 horas, en deportes de resistencia como ciclismo, ciclomontañismo, patinaje (modalidades de semifondo y fondo) y atletismo (fondo y marcha).

Las variables cuantitativas como tiempo de residencia en altura fueron objeto de pruebas de normalidad con la prueba Shapiro- Wilk cuya hipótesis nula H_0 fue que la variable se comporta de manera normal, con valor p de 5%. Para aquellas con comportamiento normal se presentaron los estadísticos descriptivos media, mediana, desviación estándar, varianza, máximo y mínimo, en tanto que para aquellas no normales se presentó mediana, percentil 25, percentil 75, rango intercuartílico, máximo y mínimo.

Para determinar la ingesta de hierro, se clasificó los alimentos ingeridos y obtenidos a través del recordatorio de 24 horas en origen animal y vegetal para así determinar la cantidad de hierro en miligramos de origen hémico y no hémico presente en dichos alimentos. El cálculo de las cantidades se obtuvo de la Tabla de Composición de Alimentos colombianos (ICBF, 2015). De igual manera, se calculó con esta tabla la cantidad contenida en los alimentos ingeridos de vitamina C (miligramos), proteína (gramos), calcio (miligramos) y fibra dietaria (gramos) en las 24 horas previas a la entrevista. Para los casos en los que se obtuvo un segundo recordatorio de 24 horas se obtuvo un promedio entre la cantidad aportada el primer día y el segundo día, tal como se plantea en estudios de similar metodología (Véase apartado de Antecedentes).

Se presentó análisis bivariado para entrenados y no entrenados con las variables sexo, edad, estrato socioeconómico, tiempo de residencia en altura, hemoglobina, Ingesta de hierro total, hémico y no hémico, calcio, proteína, vitamina C y fibra dietaria. Para el caso de ingesta de hierro total, hierro no hem, fibra dietaria, proteína y hemoglobina también fue de interés discriminar los estadísticos descriptivos por sexo en los dos grupos de comparación. De otra parte, la Masa de hemoglobina también fue discriminada para los grupos entrenado y no entrenado, y cruzada con las variables ingesta dietaria de hierro total, hierro hem, consumo de proteína, vitamina C, calcio y fibra dietaria, para entrenados y no entrenados por sexo.

En entrenados también fue de interés masa de hemoglobina con relación a las horas de entrenamiento a la semana y años de entrenamiento. La masa de hemoglobina -Hbt se calculó mediante la ecuación: $Hbt (g) = Vco \times 100 / HbCO \times 1.39$ (Schmidt, W Prommer, N., 2005); donde 1.39 corresponde al volumen de CO que se une a 1 g Hb.

Se llevó a cabo pruebas estadísticas de comparación de medida de tendencia central en hemoglobina entre grupos entrenado y no entrenado; ingesta de hierro total, hierro no hem, ingesta de hierro hem, calcio, vitamina C ingerida, fibra dietaria, proteína total y proteína ingerida entre hombres y mujeres entrenados y no entrenados. En las variables con comportamiento normal se compararon los grupos con la prueba estadística para diferencia de medias Prueba t cuya hipótesis nula fue medias iguales en los grupos, con su respectivo intervalo de confianza al 95%. Para ello se tuvo en cuenta el resultado del estadístico F y su valor de p para establecer varianzas iguales/homogéneas o diferentes/heterogéneas. Para las variables cuantitativas con comportamiento no normal se aplicó la prueba de comparación de medianas U de Mann Whitney con p al 5%.

Para comparar variables cualitativas categóricas como sexo y estrato socio-económico se aplicó prueba de chi cuadrado. Para el caso de la edad se aplicó la prueba chi cuadrado de tendencia lineal previa reagrupación por grupos para evitar celdas con valor cero (0) de manera que quedaran mínimo dos años por categoría.

Para establecer la relación entre variables, se tuvo en cuenta el comportamiento normal. Para las variables con comportamiento normal se utilizó Coeficiente de correlación de Pearson -r y para aquellas no normales el Coeficiente de correlación de Spearman –Rho. La hipótesis nula de estas correlaciones fue no relación entre las variables con valor p del 5%. En los entrenados y no entrenados tanto para hombres como para mujeres, se estableció correlación de la masa de hemoglobina con los factores promotores de la absorción del hierro proteína total (g/día) y consumo de vitamina C (mg/día) y con los factores inhibidores como calcio (mg) y fibra dietaria (g).

8. Consideraciones éticas

Se tuvo en cuenta el aval proporcionado por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, mediante el Acta de evaluación N° 006-055-17 del 27 de abril de 2017. El comité consideró que el proyecto de investigación no presenta dilemas éticos por lo tanto emite Concepto Aprobatorio. **(Anexo 3 - Concepto ético Proyecto “Relación entre la ingesta de hierro y la masa de hemoglobina en adolescentes entrenados en resistencia y no entrenados, residentes en Bogotá D.C.”).**

Con base a la Resolución 8430 de 1993 por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, en esta investigación derivada de este macroproyecto se tuvieron presentes fundamentos de la normatividad como el respeto a la dignidad de los seres humanos, la confidencialidad de los resultados, la seguridad de los sujetos de la investigación y la protección de sus derechos fundamentales. En el desarrollo de este trabajo investigativo prevaleció el principio de seguridad de los usuarios, que en esta ocasión son menores de edad. Por esta razón, se contó con un formato de Consentimiento Informado (Anexo 4) firmado por los padres o representante legal y un formato de asentimiento informado firmado por parte del adolescente, aceptando y autorizando la participación en el estudio. Este documento también expresó los riesgos mínimos de la investigación y los procedimientos del macroproyecto del cual se deriva la presente investigación

“Comparación del Comportamiento de Variables Hematológicas, Hormonales y del Consumo de Oxígeno en Niños y Adolescentes Entrenados en Resistencia, Residentes en Baja y Moderada Altitud”, en los que se toman los datos de la masa de hemoglobina. Los procedimientos y equipos utilizados tienen clasificación B con riesgo mínimo, debido a que la Investigación fue prospectiva y realizó registro de datos con procedimientos comunes. Este registro incluyó datos socioeconómicos, de estilos de vida saludables, evaluación retrospectiva del consumo de alimentos habitual de los últimos 2 meses (Cuestionario de Frecuencia de Consumo) y la alimentación del día anterior (Global Recordatorio de 24 horas de múltiples pasos); sin realizar algún procedimiento invasivo en los adolescentes.

Es fundamental resaltar que el tratamiento de los datos e información obtenida a partir de esta investigación es privado y solo se identificarán los participantes cuando los resultados ameriten o con solicitud expresa de ellos o sus representantes, además se explicitó la participación y retiro voluntario del estudio, sin que esto tuviera algún perjuicio para las partes intervinientes.

9. Resultados

Población de estudio

El total de la población estudiada fueron 45 adolescentes (25 entrenados y 20 no entrenados) que nacieron en Bogotá D.C. Los adolescentes no entrenados pertenecían al Colegio IPARM de Bogotá D.C. y los niños entrenados pertenecían a grupos deportivos ubicados en la ciudad de Bogotá D.C. El promedio de edad fue de 15.37 años \pm DS 1.32, mediana y moda de 15 años y varianza de 1.74. Un poco más de la mitad de la población estudiada eran mujeres entre 15 y 16 años de estratos medios que habían vivido en Bogotá entre 15 y 16 años. Teniendo en cuenta que el propósito de este estudio fue establecer relaciones entre variables en los adolescentes entrenados y no entrenados, se encontró que no hubo diferencias estadísticamente significativas en la distribución por sexo, edad, estrato socio-económico y tiempo de residencia en Bogotá D.C., como se observa en la Tabla 5.

Tabla 5. Características socio-demográficas de los adolescentes del estudio. Bogotá D.C., 2017.

Característica	Entrenados		No entrenados		Total	
	N°	%	N°	%	N°	%
Participantes	25	100	20	100	45	100
Sexo						
Masculino	12	48	8	40	20	44,4
Femenino	13	52	12	60	25	55,6
Edad						
13 a 14 años	7	28	4	20	11	24,4
15 a 16 años	12	48	12	60	24	53,3
17 a 18 años	6	24	4	20	10	22,2
Estrato socio-económico						
Bajo (Estrato 2)	12	48	4	20	16	35,6
Medio (Estratos 3 y 4)	13	52	16	80	29	64,4
Tiempo de residencia en altura						
11 a 14 años ***	6	6	8	40	14	31,1
15 a 16 años	11	11	8	40	19	42,2
17 a 18 años	8	8	4	20	12	26,7

*** No hay adolescentes con edad de 12 años

Actividad deportiva en los adolescentes

En los adolescentes entrenados la mediana de tiempo de práctica deportiva fue de 48 meses con rango intercuartílico –IQR (54-24) de 30 meses, esto indica que el 50% de los datos centrales se encontraron entre 24 meses y 54 meses de práctica deportiva. El dato mínimo fue 8 meses y el máximo 108 meses. Los deportes practicados más frecuentemente y en similares proporciones fueron atletismo, marcha y ciclismo, como se observa en la Tabla 6. De otro lado, en lo relacionado con el tiempo de entrenamiento semanal, la mediana fue de 12 horas a la semana con rango intercuartílico –IQR (21-11) de 10 horas, esto indica que el 50% de los

datos centrales se encontraron entre 21 horas y 11 horas de entrenamiento. El dato mínimo fue 6 horas y el máximo 26 horas.

Tabla 6. Deportes practicados por los adolescentes entrenados. Bogotá D.C., 2017

Deporte	N°	%
Atletismo	8	32
ciclismo	7	28
Marcha	8	32
Patinaje	2	8
Total	25	100

Frecuencia de consumo de alimentos

Los adolescentes entrenados consumieron mayor cantidad diaria de alimentos proteicos como leche, kumis o yogurt, carne de res, pollo, huevo y leguminosas. Estos alimentos se consideran promotores de la absorción del hierro consumido. Dentro de este grupo, la carne de res y el pollo contienen buena cantidad de hierro hémico y las leguminosas contienen buena cantidad de hierro no hémico. El consumo de morcilla fue más frecuente en los adolescentes no entrenados que en los entrenados. Ver Tabla 1 en Anexo 5

Otro factor promotor de la absorción del hierro es la vitamina C contenida en frutas y verduras. De acuerdo con la Tabla 2 (Anexo 5), el consumo de estos grupos de alimentos se mantuvo similar en magnitud entre los entrenados y no entrenados.

El calcio se considera un factor inhibidor de la absorción del hierro ingerido a través de la alimentación. Los alimentos fuente de calcio son la leche y derivados, y como

se mencionó anteriormente la frecuencia de consumo de este grupo de alimentos fue mayor en los adolescentes entrenados, comparado con los no entrenados, como se observa en la Tabla 1 (Anexo 5).

Otro factor inhibidor es la fibra dietaria contenida en frutas, verduras, leguminosas y panadería integral. Como ya se mencionó frutas y verduras fueron consumidas en similar cantidad en entrenados y no entrenados (Ver Tabla 2 en Anexo 5). El consumo diario de leguminosas, fue mayor para los entrenados (Ver Tabla 1 en Anexo 5), al igual que la panadería integral, como se observa en la Tabla 3 (Anexo 5).

Variables hematológicas y consumo de hierro con sus factores promotores e inhibidores: comparación por grupos y por sexo.

Ingesta de hierro total, hémico y no hémico

En promedio la ingesta de hierro total fue $20.54 \text{ mg} \pm 9.19$ (Tabla 4, Anexo 5). La diferencia de medias de los entrenados con los no entrenados fue de $0,100 \text{ IC95\%}$ $(-0,532; 0,732)$ pero ésta no es significativa como se evidencia en la Tabla 5 del Anexo 5.

En los adolescentes entrenados y no entrenados la ingesta de hierro total, hem y no hem fue mayor en hombres que en mujeres como lo muestran las Tablas 7 y 9. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas (Tablas 8 y 10).

En cuanto a la ingesta de hierro total al determinar cuántos individuos cumplían con el requerimiento promedio estimados (EAR), en los hombres entrenados el 100%

de los evaluados cumplían con el EAR de hierro (11,6 mg), en tanto que en los hombres no entrenados ese cumplimiento se dio en un 87,5%. El 77% de las mujeres entrenadas y el 66% de las no entrenadas consumieron una cantidad adecuada de hierro, de acuerdo con los valores del EAR. Además, la media de ingesta de hierro hémico y no hémico en los adolescentes hombres de ambos grupos fue mayor con relación a las mujeres de ambos grupos.

Tabla 7 Estadísticas descriptivas para Ingesta diaria de hierro total, hierro no hem, fibra dietaria y proteína por sexo en adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.

Estadístico Descriptivo	Entrenados		No entrenados	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ingesta de Hierro total (mg)				
Media	24,93	18,34	22,85	16,93
Mediana	23,40	18,10	22,3	14,85
Desviación estándar	9,38	8,16	10,44	7,95
Varianza	87,98	66,53	109,03	63,18
Mínimo	13,30	6,50	10,90	6,50
Máximo	40,50	32,30	44,1	31,7
Ingesta de hierro no hem (mg)				
Media	19,71	15,95	19,43	13,34
Mediana	19,10	17,20	18,4	11,4
Desviación estándar	7,09	7,93	9,68	6,17
Varianza	50,34	62,95	93,78	38,06
Mínimo	11,20	6,30	8,60	4,59
Máximo	35,20	29,20	37,5	28,2
Fibra dietaria (g)				
Media	23,81	13,55	11,01	13,77
Mediana	19,50	10,90	8,15	13,9
Desviación estándar	14,35	9,53	9,92	7,08
Varianza	205,84	90,82	98,55	50,13

Mínimo	6,10	2,20	1,10	5,10
Máximo	56,10	34,00	29,6	28,4
Proteína ingerida (g/kg/día)				
Media	2,66	1,59	2,13	1,39
Mediana	2,30	1,51	2,07	1,27
Desviación estándar	1,08	0,54	0,66	0,42
Varianza	1,17	0,29	0,44	0,17
Mínimo	1,51	0,79	1,48	0,84
Máximo	4,96	2,65	3,57	2,52

Tabla 8 Prueba estadística para diferencia de medias para ingesta diaria de hierro total, hierro no hem, fibra dietaria y proteína ingerida entre hombres y mujeres adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.

Variable	Grupo	Estadístico F	Valor p	Diferencia de medias	Prueba t	Valor p
Ingesta de Hierro total (mg)	Entrenados	0,55	0,47	(-)6,581 IC95% (-13,83;0,675)	-1,88	0,07
	No entrenados	0,20	0,66	(-)5,91 IC95% (-14,54;2,71)	-1,44	0,17
Ingesta de hierro no hem (mg)	Entrenados	0,76	0,39	(-)3,75 IC95% (-10,00;2,49)	-1,24	0,23
	No entrenados	1,60	0,22	0,158 IC95% (-4,32;4,63)	0,07	0,94
Fibra dietaria (g)	Entrenados	2,54	0,12	(-)10,25 IC95% (-20,25;-0,25)	-2,12	0,04*
	No entrenados	0,98	0,33	2,75 IC95% (-20,25;10,71)	0,73	0,48
Proteína ingerida (g/kg/día)	Entrenados	4,76	0,04	(-)1,07 IC95% (-1,81;-0,33)	-3,08	0,007*
	No entrenados	0,94	0,35	(-)0,74 IC95% (-1,25;-0,24)	-3,09	0,006*

*Valor de p significativa al 0,05

Tabla 9 Estadísticas descriptivas para Ingesta diaria de hierro hem, calcio, proteína y vitamina C por sexo en adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.

Estadístico Descriptivo	Entrenados		No entrenados	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Ingesta de hierro hem (mg)				
Cuartil 1-Percentil 25	2,17	0,55	2,15	0,92
Mediana	3,50	2,20	3,45	1,9
Cuartil 3-Percentil 75	7,25	4,40	4,3	3,07
Rango Intercuartílico	5,08	3,85	2,15	2,15
Mínimo	0,60	0,00	1,30	0,00
Máximo	15,10	5,60	6,6	21,5
Calcio ingerido (mg)				
Cuartil 1-Percentil 25	855,75	597,00	726,50	488,25
Mediana	1017,00	800,00	1105,5	637
Cuartil 3-Percentil 75	1180,75	909,00	1358,75	789,75
Rango Intercuartílico	325,00	312,00	632,00	302,00
Mínimo	664	177,00	231	212
Máximo	2500	1554,00	3063	1288
Proteína ingerida total (g/día)				
Cuartil 1-Percentil 25	96,50	58,30	89,60	63,58
Mediana	124,45	84,90	98,55	72,5
Cuartil 3-Percentil 75	157,23	102,15	117,7	79,05
Rango Intercuartílico	60,73	43,85	28,10	15,47
Mínimo	61,90	46,40	82,30	50,10
Máximo	232,40	148,80	207,8	106
Vitamina C (mg)				
Cuartil 1-Percentil 25	54,00	45,90	20,60	22,95
Mediana	100,50	93,00	66,1	52,4
Cuartil 3-Percentil 75	293,50	126,80	108,97	111,57
Rango Intercuartílico	239,50	80,90	88,37	88,62
Mínimo	9,50	16,20	0,00	3,20
Máximo	4,63	238,00	172,8	233

Tabla 10 Prueba estadística para diferencia de medianas para ingesta de hierro hem, calcio, proteína total y vitamina C ingerida, entre hombres y mujeres adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.

Variable	Entrenados		No Entrenados	
	Prueba U de Mann Whitney	Valor p	Prueba U de Mann Whitney	Valor p
Ingesta de hierro hem (mg)	46	0,082	26	0,09
Calcio ingerido (mg)	42	0,050	23	0,054
Proteína ingerida total (g/día)	27	0,006*	6	0,001*
Vitamina C (mg)	61	0,355	47	0,939

*Valor de p significativa al 0,05

En los adolescentes, la proporción de hierro no hémico consumido respecto al hémico fue superior y corresponde al 82% del total de hierro consumido. Así, en los adolescentes entrenados el consumo de hierro no hem fue 4.7 veces mayor que el hierro hem y en los no entrenados esta proporción fue 4.5 veces más de hierro no hémico con respecto al hémico. Ver Tabla 6, Anexo 5.

Factores inhibidores de la absorción del hierro dietario

El consumo de fibra dietaria en los adolescentes tuvo una mediana de 13.2 g RIQ (14.75), en los adolescentes entrenados y no entrenados fue mayor para hombres que para mujeres como lo muestra la Tabla 7, siendo estadísticamente mayor en los hombres entrenados en comparación con las mujeres entrenadas (Ver Tabla 8). En los adolescentes no entrenados estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

Se debe resaltar, que tan sólo el 8,3% de los hombres entrenados cumplió con los valores de Ingesta Adecuada (AI) para la fibra dietética, mientras que ninguno de los no entrenados alcanzó a cumplir con esta recomendación. Por su parte, el 15,3%

de las mujeres entrenadas y sólo el 8,3% de las mujeres no entrenadas, tuvieron un consumo adecuado de fibra, de acuerdo con lo recomendado.

En lo relacionado con la ingesta de calcio, la mediana de consumo por los adolescentes fue de 837 mg RIQ (390), fue mayor el consumo en los hombres que en las mujeres como lo muestra la Tabla 9, sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 10).

De otra parte, sólo el 33% de los adolescentes entrenados cumplió con el requerimiento promedio estimado de calcio (1100 mg), mientras que en los no entrenados el 50% presentó adecuación en la ingesta de este nutriente. En las mujeres el bajo cumplimiento del EAR para calcio (1100 mg) se presentó en ambos grupos en similares proporciones, en las entrenadas el 15,3% cumplió con las recomendaciones y en las no entrenadas el 8,3% cumplió con el EAR de calcio para mujeres adolescentes (1100 mg).

Factores potenciadores de la absorción de hierro dietario

La mediana de consumo de proteína de los adolescentes fue de 92.9 g/día RIQ (45), o, 1.68 g/kg/día RIQ (0.987). Este consumo fue mayor en los hombres que en las mujeres (Ver Tabla 7 y 9), presentando una diferencia estadísticamente significativa tanto en los adolescentes entrenados como en los no entrenados (Ver Tabla 7 y 9). En los no entrenados la media del consumo proteico de los hombres fue 2,1 g/kg/día y en las mujeres fue de 1,3 g/kg/día superando el requerimiento promedio estimado (EAR) establecido (hombres:1,01 g/kg/día) (mujeres: 0,99 g/kg/día), en el caso de

los entrenados en los hombres la media de consumo fue de 2,6 g/kg/día y en las mujeres fue de 1,5 g/kg/día.

En lo relacionado con la ingesta de vitamina C, la mediana de consumo fue de 68 mg RIQ (102.9), siendo mayor el consumo en los hombres que en las mujeres como lo muestra la Tabla 9; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 10).

El 75% de los hombres entrenados y el 50% de los no entrenados, presentaron un consumo adecuado de esta vitamina. En las mujeres entrenadas el 15,3% cumplió con el EAR (56 mg), mientras que en las no entrenadas fue mayor el porcentaje que cumplió la recomendación (41,6%).

Concentración de Hemoglobina (g/dL) en adolescentes entrenados y no entrenados según sexo

La media de hemoglobina en la población fue de 15.11 gr/dl \pm 1.04 (Tabla 4, Anexo 5). La diferencia de medias de los entrenados con los no entrenados fue de 0,101 IC95% (-0,533; 0,735) sin significancia estadística como se evidencia en la Tabla 5 del Anexo 5.

En los adolescentes entrenados y no entrenados, la media de hemoglobina sérica de los hombres fue mayor que la de las mujeres como se observa en la Tabla 7 del Anexo 5. Dicha diferencia en ambos grupos fue estadísticamente significativa como se observa en la siguiente tabla 8 del Anexo 5.

Masa de hemoglobina para adolescentes entrenados y no entrenados según sexo

La media de masa de hemoglobina en la población fue de 11.91 gr/kg \pm 1.94 como se observa en la Tabla 4 (Anexo 5). En los adolescentes entrenados la media fue de 12.52 gr/kg \pm 1.85 y en los no entrenados de 11.16 gr/kg \pm 1.81. La diferencia de medias de los entrenados con los no entrenados fue de 0.136 IC95%(-0.251; 2.469), la cual fue significativa indicando que los entrenados tuvieron mayor masa de hemoglobina que los no entrenados (Ver Tabla 5 del Anexo 5).

Tabla 11. Estadísticos descriptivos para masa de hemoglobina para adolescentes entrenados y no entrenados según sexo. Bogotá D.C., 2017.

Estadístico Descriptivo	Entrenados		No entrenados	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Cuartil 1-Percentil 25	12,84	10,45	12,34	9,18
Mediana	13,99	10,90	12,48	9,67
Cuartil 3-Percentil 75	15,03	11,74	12,87	10,72
Rango Intercuartílico	2,20	1,29	0,53	1,54
Mínimo	11,2	9,81	12,04	12,04
Máximo	16,24	13,15	15,31	15,31

En los adolescentes entrenados y no entrenados, la mediana de masa de hemoglobina de los hombres fue mayor que la de las mujeres (Tabla 11). Dicha diferencia en ambos grupos fue estadísticamente significativa como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 12. Prueba estadística U de Mann Whitney para diferencia de medianas de masa de hemoglobina en entrenados y no entrenados.

Grupo	Prueba U de Mann Whitney	Valor p
Entrenados	30	0,009
No entrenados	7	0,002

Correlaciones de las variables de la ingesta de hierro con respecto a la masa de hemoglobina

Tabla 13 . Correlación de Spearman entre la masa de hemoglobina y el consumo de hierro, proteína, calcio, fibra y Vitamina C en adolescentes entrenados y no entrenados según sexo. Bogotá D.C. 2017.

Variable	Entrenados				No entrenados			
	Hombre (n=12)		Mujer (n=13)		Hombre (n=8)		Mujer (n=12)	
	Coefficiente	Valor p	Coefficiente	Valor p	Coefficiente	Valor p	Coefficiente	Valor p
Ingesta de hierro total (mg)	0,708	0,01*	-0,242	0,426	0,85	0,007*	0,056	0,863
Consumo de proteína (g/día)	0,566	0,055	0,319	0,289	0,671	0,069	0,053	0,871
Consumo de vitamina C (mg/día)	0,28	0,379	-0,267	0,378	0,766	0,027*	-0,133	0,681
Consumo de calcio (mg/día)	0,266	0,404	0,33	0,271	0,228	0,588	-0,671	0,017*
Consumo de fibra dietaria (g/día)	0,517	0,085	-0,407	0,168	0,575	0,136	0,07	0,829

*p significativa al 0,05

En los hombres entrenados y no entrenados se presentó asociación positiva entre la ingesta de hierro total y la masa de hemoglobina ($r=0,708$ $p= 0,01$ y $r=0,85$ $p=0,007$ respectivamente). En los entrenados, dicha asociación fue moderada o positiva media, en tanto que en los no entrenados fue una asociación fuerte o correlación positiva considerable. Además, en los hombres no entrenados, se encontró correlación positiva entre el consumo de vitamina C y la masa de hemoglobina, la cual fue considerada como una asociación fuerte o correlación positiva considerable

De otro lado, en mujeres no entrenadas se encontró asociación negativa entre el consumo de calcio y la masa de hemoglobina, considerada asociación moderada o correlación negativa media. Las demás correlaciones presentadas en la Tabla 13 no fueron estadísticamente significativas.

10. Análisis de Resultados

Comportamiento de la Hemoglobina Sérica entre los grupos

Los valores de hemoglobina sérica no tuvieron diferencias significativas entre el grupo de adolescentes entrenados y no entrenados ($p=0,745$). En diversos estudios, como el de Prommer et al (2018), se realizaron medidas de la hemoglobina sérica (mg/dL), en adolescentes entrenados y controles revelando promedios similares entre los grupos (13.7 ± 0.6 y 13.7 ± 1.0 respectivamente). Del mismo modo el estudio de Heinicke et al (2001), que fue realizado comparando adultos no entrenados y seis grupos de atletas de varias modalidades deportivas (entre ellas deportes de resistencia) reportó que los valores de hemoglobina [Hb] y hematocrito fueron relativamente homogéneos en todos los grupos investigados, similitud que se encontró también en el presente estudio.

Masa de Hemoglobina y las variables que intervienen en su comportamiento

El análisis de la masa de hemoglobina, a diferencia del comportamiento de la hemoglobina sérica, mostró diferencias estadísticamente significativas entre los individuos entrenados y no entrenados y por sexo ($p= <0,01$). Al analizar ambos grupos, se encontró una mediana igual de residencia en la altura intermedia de 15 años, es decir que en este caso el tiempo de exposición a la altitud no fue un factor que diferenciara los valores de masa de hemoglobina obtenidos entre los grupos. Estas diferencias en los valores de masa de hemoglobina entre entrenados y no

entrenados del presente estudio corresponden con los resultados de varias investigaciones; por ejemplo, en hombres adultos jóvenes entrenados residentes en Bogotá, las diferencias en la tHb mass fueron un 11% mayores que en el grupo de no entrenados, y estadísticamente significativas ($p < 0,001$) (Böning, D., et al., 2001). En el caso de las mujeres las diferencias fueron más marcadas por el grado de entrenamiento; tanto en altitud como en baja altitud las mujeres entrenadas presentaban de 2 – 3 g/ kg más de tHb mass que los controles no entrenados (Böning, D., et al., 2004).

En el estudio de Prommer et al (2018), se reportó que, después de los 12 años la masa de hemoglobina aumenta exponencialmente en hombres que practican deportes de resistencia, esto influenciado por la relación significativa con la masa libre de grasa (MLG), el aumento en los niveles de testosterona e incluso el inicio de la práctica deportiva en modalidades de resistencia desde edades tempranas. En la adolescencia el aumento de los valores absolutos de tHb mass se vuelve considerablemente menor en las niñas, mientras que el aumento es casi exponencial en los niños (133 g/año) (Prommer, N., et al., 2018). Los resultados de este trabajo demuestran esta afirmación, los hombres adolescentes de los dos grupos presentaron una mediana de masa de hemoglobina mayor y estadísticamente significativa en comparación con las mujeres adolescentes entrenadas ($p = 0,009$) y no entrenadas ($p = 0,002$).

Al relacionar la masa de hemoglobina de los adolescentes entrenados con otras variables como horas de entrenamiento semanales, en este trabajo no se encontró

una relación significativa ($p=0,605$), contrario a lo que reveló la investigación de Prommer et al (2018), en la que un volumen de entrenamiento mayor de 4 horas por semana podría ejercer un efecto adicional en la masa de hemoglobina ($\sim 7\%$). Con respecto al tiempo en meses que llevan los adolescentes realizando práctica deportiva, en el presente trabajo no hubo significancia estadística con relación a la masa de hemoglobina ($p=0,331$), coincidiendo con los resultados del mismo estudio de Prommer y colaboradores (2018), en el cual el historial de entrenamiento o tiempo de práctica deportiva no tuvo una significativa influencia en la masa de hemoglobina (Prommer, N., et al., 2018).

Frecuencia de consumo de alimentos fuentes de hierro total, hem y no hem

Con relación a las variables de consumo alimentario, en alimentos fuente de hierro hem como carne y pollo, la frecuencia de consumo con mayor porcentaje fue de 2-3 veces por semana en ambos grupos, aunque en los adolescentes entrenados hubo más evaluados que consumieron a diario carne y pollo (16%) frente a los no entrenados (12%), si comparamos esto con los resultados de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional (ENSIN), el consumo diario de carnes por parte de los adolescentes de este estudio fue menor con relación a los datos de ingesta de este grupo de alimentos de los colombianos de 5 a 64 años (57,3%).

En cuanto al consumo de vísceras y morcilla, las cuales son las mayores fuentes de hierro hem, las frecuencias que más predominaron en ambos grupos fueron el consumo ocasional y el no consumo. En el caso de la morcilla es similar el resultado,

pero el no consumo fue mayor en los entrenados frente a los no entrenados. Solamente 4 adolescentes entrenados (16%) de toda la muestra del presente trabajo, reportaron un consumo de vísceras de una (1) vez por semana, lo cual cumple con las recomendaciones de las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para la población colombiana (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar, 2015).

Una de las mayores fuentes de proteína y de hierro no hem consumidas en la dieta colombiana son las leguminosas y el huevo, de hecho, en los resultados se refleja que estos dos grupos de alimentos son consumidos diariamente por una parte importante de los evaluados, el consumo diario de leguminosas fue mayor en los entrenados en comparación con los no entrenados y el consumo diario de huevo fue similar en los dos grupos, estos resultados son los esperados de acuerdo con las Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para la población Colombiana. Cabe resaltar que el 48% de los evaluados del grupo de entrenados pertenecían al estrato socioeconómico bajo, por lo que el consumo de estos grupos de alimentos puede constituir un valioso aporte de proteína de la dieta, alternativa al consumo de carnes y por ende una fuente significativa de hierro no hem.

Caracterización de la Ingesta diaria de Hierro Total, Hem, No Hem, factores inhibidores y promotores y su relación con la Masa de Hemoglobina

La ingesta dietaria de los adolescentes entrenados y no entrenados por sexo, medida mediante el recordatorio de 24 horas mostró unos patrones similares. Al comparar las medianas de los grupos en cuanto a la ingesta de hierro (hémico y no

hémico), no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos (entrenados y no entrenados) y por sexo.

Teniendo en cuenta los resultados de la ingesta de hierro, en el estudio de Vandevijvere y colaboradores (2013) realizado en adolescentes europeos, se determinó que en hombres la mediana de consumo de hierro hem fue 1,6 mg y no hem 11,4 mg y en mujeres de 1,2 mg y 9,2 mg respectivamente, denotando diferencias importantes en la ingesta de hierro hem y no hem con relación a los adolescentes medidos en este estudio, en los cuales se presentaron consumos superiores de este micronutriente en todas sus formas, tanto en hombres como en mujeres.

Al analizar la relación entre la ingesta de hierro total (mg) y la masa de hemoglobina (g/kg) por sexo, en algunas investigaciones como la de Mora (2003), se encontró cierto grado de correlación positiva y estadísticamente significativa entre la masa de hemoglobina y el consumo de hierro ($r=0,38$; $p=0,02$), en mujeres adultas no entrenadas, entrenadas no atletas y entrenadas atletas, hallazgos contrarios a lo encontrado en este estudio. Por los resultados derivados de esta investigación en las mujeres adolescentes hay factores que influyen en esta baja correlación, como una ingesta dietaria de hierro reducida en comparación con los hombres, las pérdidas sensibles de hierro en la menstruación y un factor que es fundamental y que diferencia la respuesta entre hombres y mujeres: la acción de los estrógenos y andrógenos en la eritropoyesis, en las mujeres el aumento en la producción de

estradiol, limita la producción de eritrocitos y eritropoyetina e induce un incremento en la ventilación (Gonzales, G., 2013).

En este último punto, el estudio de Eastwood y colaboradores (2009) reveló que, en un grupo de hombres adolescentes ciclistas y controles, la masa de hemoglobina absoluta aumentó en los dos grupos como resultado del crecimiento, pero la masa de hemoglobina relativa no aumentó significativamente durante un año de medición en adolescentes no entrenados que comenzaron un programa regular de entrenamiento aeróbico, y además no hubo diferencias estadísticamente significativas con los valores relativos de masa de hemoglobina en ciclistas al final del estudio.

Esto quiere decir que el entrenamiento es una de las variables que influencia el aumento de la masa de hemoglobina en los adolescentes hombres, pero además de este hay diversos factores fisiológicos que inciden en la masa de hemoglobina. En ese sentido la literatura muestra que hay un aumento progresivo de las concentraciones de hemoglobina hasta el final de la pubertad (Hero, M., 2005) y un incremento de la eritropoyesis (Jaime, J Gómez, D., 2012,p.3), este comportamiento depende de la regulación de los andrógenos como la testosterona, contrario a las adolescentes en las que el brote de crecimiento longitudinal está mediado por estrógenos, los cuales no influyen cambios en el nivel de hemoglobina (Hero, M., 2005).

Como se mencionó anteriormente en los antecedentes, son pocos los estudios que refieren la correlación de la masa de hemoglobina con la ingesta de hierro en cualquier grupo etario, las mayores aproximaciones en investigación relacionan la hemoglobina sérica [Hb] con la ingesta de hierro. Diferentes estudios realizados en distintos grupos de edad y de deportistas, revelan que no hay correlación estadísticamente significativa entre la hemoglobina sérica [Hb] y la ingesta de hierro total (Mantilla-Gutiérrez & Cardona-Arias, 2014; Rodríguez, Hotz, & Rivera, 2007; Fujii, Okumura, Maeshima & Okamura, 2015). Por lo anterior, es posible afirmar que la hemoglobina sérica [Hb] no es un indicador sensible a la ingesta de hierro y los estados de deficiencia del mismo (Mantilla-Gutiérrez & Cardona-Arias, 2014). De acuerdo con los resultados de esta investigación la masa de hemoglobina puede ser una medida más sensible ante el consumo de hierro, que la hemoglobina sérica.

Cabe recordar que la [Hb] depende de la masa circulante total de hemoglobina (tHb mass) y del volumen plasmático (PV) (Otto, Montgomery & Richards, 2013), en ese aspecto se reafirma que la masa de hemoglobina es una medida más estable que la hemoglobina sérica dado que esta última puede presentar variaciones de acuerdo con el volumen sanguíneo, lo que puede determinar el grado de correlación con la ingesta dietaria de hierro.

El consumo de proteína tanto en los hombres adolescentes entrenados como en los no entrenados mostró una correlación positiva media, pero sin significancia estadística con la masa de hemoglobina ($r=0,5$; $p=0,05$ y $r=0,6$; $p=0,06$ respectivamente), estos resultados difieren de los presentados para atletas

residentes en Bogotá, en los que existió una correlación positiva y estadísticamente significativa entre el consumo de proteínas (g por kg de masa corporal) y la masa de hemoglobina ($r = 0.65$, $P < 0.05$) (Böning, D., et al., 2001). En las mujeres de ambos grupos no hubo asociación entre la proteína ingerida y la masa de hemoglobina ($r = 0,3$, $p=0,2$; $r=0,05$, $p=0,8$), esto es consistente con las diferencias estadísticas en el consumo de proteína entre hombres y mujeres. No obstante, no se tiene evidencia en la literatura que relacione el comportamiento del consumo de proteína y de variables hematológicas en mujeres.

En los hombres adolescentes evaluados se halló una correlación media positiva de la proteína con la masa de hemoglobina, por lo no se debe desconocer la importancia de la proteína, especialmente la de origen cárnico o derivada de alimentos preparados con sangre, como fuente principal de hierro hem y como promotor de la absorción de todas las formas de hierro (Hallberg, L., 1981), lo que posiblemente influya en la mayor disponibilidad de hierro para la formación de la hemoglobina en los púberes hombres.

Solamente en los hombres no entrenados, se encontró correlación positiva entre el consumo de vitamina C y la masa de hemoglobina, la cual es considerada como una asociación fuerte y con significancia estadística, en este caso en los hombres no entrenados el 50% tenía ingestas iguales o superiores al EAR de vitamina C (63 mg). En el caso de los hombres no entrenados, el consumo de Vitamina C se comporta proporcional al incremento de la masa de hemoglobina, esto se puede deber a un mecanismo fisiológico en el que la vitamina C actúa en la promoción de

la absorción tanto del hierro hémico como no hémico, teniendo presente que en los hombres no entrenados la ingesta de hierro tiene correlación positiva considerable ($r=-0,85$; $p=0,007$) con la masa de hemoglobina.

En mujeres no entrenadas se encontró asociación negativa moderada entre el consumo de calcio y la masa de hemoglobina, aunque no hay evidencia literaria que haya abordado esta relación se puede decir que el consumo de lácteos y derivados diariamente, así como la mediana de consumo de calcio (mg/día) es considerablemente baja en este grupo (637 mg) con relación a los hombres entrenados y no entrenados y las mujeres no entrenadas (1017 mg, 1105 mg y 800 mg), solamente una participante de este grupo cumple con el EAR de calcio de 1100 mg. De acuerdo con lo anterior, cabe recordar que el calcio es uno de los factores inhibidores más potentes que compite por la absorción de hierro tanto hémico como no hémico a nivel intestinal (Zijp, I., Korver, O., Tijburg, L., 2000).

En los dos grupos no se encontró correlación o asociación fuerte, que sea estadísticamente significativa entre la ingesta de fibra dietaria y la masa de hemoglobina, cabe resaltar que la ingesta fue mayor y estadísticamente significativa en hombres de los dos grupos con relación a sus congéneres. No obstante, en ambos sexos las cantidades consumidas no superan la ingesta adecuada de fibra, por lo que es posible que la fibra no ejerza el efecto inhibitorio sobre la absorción del hierro y por ende no sostenga relación alguna con la masa de hemoglobina.

No se reporta en la literatura antecedentes que relacionen estas variables (factores inhibidores y promotores de la absorción del hierro) con variables hematológicas como la hemoglobina sérica y la masa de hemoglobina, por lo que es importante realizar estudios clínicos que relacionen directamente la ingesta y su influencia en estas variables hematológicas. Esta investigación, aunque sea de tipo descriptiva observacional, es precursora en determinar la relación del consumo de micronutrientes y sus factores mejoradores e inhibidores de la absorción, con otras variables como la masa de hemoglobina, especialmente en adolescentes con distintos grados de entrenamiento.

11. Limitaciones del estudio

- ❖ Es importante resaltar que la muestra del presente trabajo fue seleccionada a conveniencia, por lo cual los resultados presentados solo aplican para la población estudiada.
- ❖ No se midieron las concentraciones de ferritina sérica para determinar reservas corporales de hierro. Del mismo modo, no fue posible realizar la medición directa de otros parámetros fisiológicos como la testosterona o las hormonas sexuales femeninas, las cuales pueden tener influencia en la masa de hemoglobina y la disponibilidad de hierro en los adolescentes.
- ❖ Este estudio solo se delimitó a un grupo de adolescentes entrenados y no entrenados residentes en la ciudad de Bogotá, no se evalúa una población similar residente en una ciudad al nivel del mar. Próximos estudios podrían complementar y comparar estos resultados con adolescentes residentes en estas zonas y determinar la verdadera influencia de la altitud en el comportamiento de la masa de hemoglobina de acuerdo con el grado de entrenamiento que puedan tener los adolescentes.

12. Recomendaciones

- Se recomienda en próximos estudios realizar un diseño experimental longitudinal en el cual se puedan medir los cambios de la masa de hemoglobina con una alimentación controlada en distintas cantidades de hierro, esto para determinar si la disponibilidad del hierro de la dieta tiene influencia directa en esta variable hematológica.
- En próximas investigaciones se recomienda realizar un diseño metodológico similar al del presente estudio con una muestra más representativa de adolescentes que residen en la altitud intermedia y poder comparar los resultados con sus similares, residentes en baja altitud, se invitaría también en futuros estudios tener dentro de la muestra adolescentes entrenados en modalidades de fuerza, potencia o deportes colectivos y observar el comportamiento de la masa de hemoglobina y las variables de consumo alimentario en ese tipo de modalidades deportivas.
- En futuros estudios se podría relacionar el estatus de las reservas corporales de hierro con la ingesta de hierro (total, hémico y no hémico) y la masa de hemoglobina, en adolescentes entrenados y no entrenados, con la finalidad de determinar si las reservas de hierro pueden afectar la masa relativa de hemoglobina, si el grado de entrenamiento tiene influencia en estas variables o si los cambios fisiológicos de la pubertad determinan que el hierro sea empleado para la producción de hemoglobina o para las reservas corporal.

13. Conclusiones

- La ingesta de hierro es uno de los factores que más fuertemente se asocia al aumento de la masa de hemoglobina, pero esta respuesta se relaciona más en los hombres adolescentes tanto entrenados ($r=0,7$; $p=0,01$) como no entrenados ($r=0,8$; $p=0,007$), esto se explica probablemente debido a lo reportado en la literatura como una respuesta fisiológica en la eritropoyesis, lo que posiblemente incrementa las demandas de hierro derivado de la dieta para la producción de la masa de hemoglobina.
- La masa total de hemoglobina es mayor en hombres tanto entrenados como no entrenados con relación a las mujeres de los dos grupos, esto debido a los cambios fisiológicos propios de la adolescencia especialmente en la composición corporal y en el aumento de la producción hormonal de testosterona en los hombres, lo que guarda una relación con el incremento de la tasa de eritropoyesis y por lo tanto mayor producción de hemoglobina.
- La ingesta de factores promotores de la absorción de hierro, la proteína y la vitamina C, presentaron una respuesta de aumento de la masa de hemoglobina solamente en los hombres no entrenados ($r=0,6$; $p=0,06$ y $r=0,7$; $p=0,02$ respectivamente), ya en los hombres entrenados y en las mujeres de los dos grupos la masa de hemoglobina no se relacionó con el consumo de estos dos nutrientes.

- El consumo de fibra dietaria y calcio, no se asoció de forma estadísticamente significativa con la masa de hemoglobina, en los hombres de los dos grupos y en las mujeres entrenadas; por el contrario, en las mujeres no entrenadas la relación de la ingesta de calcio y la masa de hemoglobina fue inversa con significancia estadística ($r=0,6$; $p=0,01$).
- Las concentraciones de hemoglobina no tuvieron diferencias significativas entre el grupo de entrenados y no entrenados, pero si es mayor en los hombres con relación a las mujeres con diferencias estadísticamente significativas, lo que reafirma que es un indicador muy variable de acuerdo a los cambios individuales en el volumen plasmático y al sexo, pero no es relativo al grado de entrenamiento.
- Es claro que el entrenamiento en resistencia tanto en hombres como en mujeres, incrementa los valores de la masa de hemoglobina, pero esta última variable no se asocia significativamente con las horas de entrenamiento semanal ni con el tiempo de práctica deportiva, por lo que se sugiere realizar más estudios que analicen en la población entrenada otras variables del entrenamiento como la intensidad y la carga de competencias.
- Por los resultados del presente trabajo, es necesario seguir fortaleciendo la educación alimentaria y la orientación nutricional en los adolescentes, dado que es una población importante para el refuerzo de buenos hábitos de alimentación ya que es una etapa donde los profesionales de la salud pueden

actuar en la prevención de deficiencias nutricionales en la adultez, desde el ámbito público, educativo y deportivo.

14. Bibliografía

1. Academy of Nutrition and Dietetics, Academy Dietitians of Canada (DC) & American College of Sports Medicine (ACSM) (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 512.
2. Alaunyte, I., Stojceska, V., & Plunkett, A. (2015). Iron and the female athlete: a review of dietary treatment methods for improving iron status and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 12(38), 1–7.
3. Anderson, G. J., Frazer, D. M., Mckie, A. T., Vulpe, C. D., & Smith, A. (2005). Mechanisms of Haem and Non-Haem Iron Absorption: Lessons from Inherited Disorders of Iron Metabolism. *BioMetals*, 18, 339–348.
4. Beard, J., & Tobin, B. (2000). Iron status and exercise. *Am J Clin Nutr*, 72, 594–597.
5. Beck, K Kruger, R Conlon, C Heath, A Coad, J Matthys, C Jones, B Stonehouse, W. (2012). The Relative Validity and Reproducibility of an Iron Food Frequency Questionnaire for Identifying Iron-Related Dietary Patterns in Young Women. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 112(8), 1177– 1187.
6. Blanton, C. A., Moshfegh, A. J., Baer, D. J., & Kretsch, M. J. (2006). The USDA Automated Multiple-Pass Method Accurately Estimates Group Total Energy and

- Nutrient Intake. *The Journal of Nutrition Nutritional Epidemiology*, 136, 2594–2599.
7. Böning, D., Rojas, J., Serrato, M., Ulloa, C., Coy, L., Mora, M., Gomez, J., Hütler, M. (2001). Hemoglobin Mass and Peak Oxygen Uptake in Untrained and Trained Residents of Moderate Altitude. *Int J Sports Med*, 22, 572–578.
 8. Böning, D., Cristancho, E., Serrato, M., Reyes, O., Mora, M., Coy, L., & Rojas, J. (2004). Hemoglobin mass and peak oxygen uptake in untrained and trained female altitude residents. *International Journal of Sports Medicine*, 25(8), 561–568.
 9. Brown, E. (2010). *Nutrición en las Diferentes Etapas de la Vida* (Tercera Ed, pp. 392). Mc Graw Hill.
 10. Byrd, C., Moe G., Beshgetoor D., B. J. (2010). *Wardlaw. Perspectivas en Nutrición*. Mc Graw Hill.
 11. Capling, L., Beck, K. L., Gifford, J. A., Slater, G., Flood, V. M., & Connor, H. O. (2017). Validity of Dietary Assessment in Athletes: A Systematic Review. *Nutrients*, 9(1313).
 12. Chacón, O. (2011). *Evaluación del consumo habitual de alimentos fuente de hierro y de la aceptabilidad de la estrategia de suplementación con hierro en preescolares y escolares en el Distrito Capital*. Universidad Nacional de Colombia.

13. Collings, R., Harvey, L. J., Hooper, L., Hurst, R., Brown, T. J., Ansett, J., King, M., Fairweather-tait, S. J. (2013). The absorption of iron from whole diets: a systematic review. *Am J Clin Nutr*, 98, 65–81.
14. Cortés, Y. (2014). *Estudio Lationamericano de Balance Energético, Nutrición y Salud- Colombia (ELANS-C)*. Bogotá D.C.
15. Conway, J Ingwersen, L Moshfegh, A. (2004). Accuracy of Dietary Recall Using the USDA Five-Step Multiple-Pass Method in Men: An Observational Validation Study. *Journal of the American Dietetic Association*, (8), 595–603.
16. Conway, J. M., Ingwersen, L. A., Vinyard, B. T., & Moshfegh, A. J. (2003). Effectiveness of the US Department of Agriculture 5-step multiple-pass method in assessing food intake in obese and nonobese women. *Am J Clin Nutr*, 77, 1171–1178.
17. De Moura Souza, A., Barufaldi, L. A., De Azevedo Abreu, G., Giannini, D. T., De Oliveira, C. L., Dos Santos, M. M., ... De Assis Guedes Vasconcelos, F. (2016). ERICA: Intake of macro and micronutrients of Brazilian adolescents. *Revista de Saude Publica*, 50(suppl 1), 1s–15s.
18. Departamento Administrativo del Deporte, la recreación, la Actividad Física y el aprovechamiento del tiempo libre, COLDEPORTES. (2015). *Lineamiento de Política Pública en Ciencias del Deporte en Nutrición*. (COLDEPORTES- Dirección de Posicionamiento y Liderazgo Deportivo, Ed.). Bogotá D.C.

19. Desbrow, B. et al. (2014). Sports Dietitians Australia Position Statement: Sports Nutrition for the Adolescent Athlete. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 24, 570 – 584.
20. Dos Santos, L Soares, C Dias, A Penna, N Castro, A Azeredo, V. (2011). Nutritional status and food consumption of young women in the luteal and follicular phases. *Rev. Nutr., Campinas*, 24(2), 323 – 331.
21. Eastwood, A., Bourdon, P. C., Withers, R. T., & Gore, C. J. (2009). Longitudinal changes in haemoglobin mass and VO₂max in adolescents. *European Journal of Applied Physiology*, 105(5), 715–721.
22. Fujii, T., Okumura, Y., Maeshimura, E., & Okamura, K. (2015). Dietary Iron Intake and Hemoglobin Concentration in College Athletes in Different Sports. *Int J Sports Exerc Med*, 1(5), 9–13.
23. Gamboa, E. (2006). *Diseño y Validación de un instrumento de medición de ingesta dietaria de hierro*. Universidad Industrial de Santander.
24. Gonzales, G. F. (2013). Serum testosterone levels and excessive erythrocytosis during the process of adaptation to high altitudes. *Asian Journal of Andrology*, 15(3), 368–374.
25. Gualdrón M, Mora, M., Palomino, L., & Camelo, W. (2006). Consumo Dietario de Hierro y Niveles de Ferritina Sérica en Mujeres Universitarias, No Entrenadas. *Rev. Med.*, 14(1), 61–70.
26. Hallberg, L. (1981). Bioavailability of Dietary Iron in Man. *Annual Review of Nutrition*, 1(1), 123–147.

27. Heinicke, K., Wolfarth, B., Winchenbach, P., Biermann, B., Schmid, A., Huber, G., ... Schmidt, W. (2001). Blood Volume and Hemoglobin Mass in Elite Athletes of Different Disciplines, 504–512. Hernández Sampieri, R Fernández Collado, C Baptista Lucio, P. (2014). Análisis de datos cuantitativos. In *Metodología de la Investigación* (Sexta edición, p. 305). McGraw-Hill.
28. Hero, M., Wickman, S., Hanhijärvi, R., Siimes, M. A., & Dunkel, L. (2005). Pubertal upregulation of erythropoiesis in boys is determined primarily by androgen. *Journal of Pediatrics*, 146(2), 245–252.
29. Hinton, P. S. (2014). Iron and the endurance athlete. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1012–1018.
30. Hu, M., Finni, T., & Xu, L. (2011). Effects of resistance training on biomarkers of bone formation and association with red blood cell variables. *J Physiol Biochem*, 67, 351–358.
31. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2015). *Guías Alimentarias Basadas en Alimentos para la Población Colombiana Mayor de 2 años. Documento Técnico*. (pp. 99, 169, 272). Bogotá D.C.
32. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2015). *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos*.
33. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. (2010). *Encuesta Nacional de Situación Nutricional ENSIN*. Bogotá D.C.
34. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. (2006). *Instrumentos de evaluación dietética*. Guatemala.

35. Jaime Pérez, J Gómez Almager, D. (2012). *Hematología. La sangre y sus enfermedades*. (Tercera Ed). Mc Graw Hill.
36. Leonard, A Chalmers, K Collins, C Patterson, A. (2014). The effect of nutrition knowledge and dietary iron intake on iron status in young women. *Appetite*, 225 – 231.
37. Lozoff B, Beard J, Connor J, Barbara F, Georgieff M, S. T. (2006). Longlasting neural and behavioral effects of iron deficiency in infancy. *Nutrition Rev*, 64, S34 – S43.
38. Mantilla, C Cardona, J. (2014). Consumo de hierro en adultos de Medellín, según aspectos sociodemográficos, 2012. *Rev. Cienc. Salud.*, 12(2), 213–228.
39. Milic, R., Martinovic, J., & Dopsaj, M. (2011). Haematological and iron-related parameters in male and female athletes according to different metabolic energy demands. *Eur J Appl Physiol*, (111), 449–458.
40. Ministerio de Salud y Protección Social. (2015). *Estrategia Nacional para la Prevención y Control de las Deficiencias de Micronutrientes en Colombia 2014 - 2021*. Bogotá D.C.
41. Ministerio de salud. (2016). Resolución número 3803 de 2016 - Recomendaciones de ingesta de energía y nutrientes (RIEN) para la población Colombiana, 26.
42. Montero, D., Breenfeldt-andersen, A., Oberholzer, L., Haider, T., Goetze, J. P., & Lundby, C. (2017). Erythropoiesis with endurance training: dynamics and mechanisms. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, (312), 894–902.

43. Mora-Plazas, M. (2003). Consumo de hierro, masa de hemoglobina y variables hematológicas de mujeres entrenadas y no entrenadas residentes en altura intermedia. Universidad Nacional de Colombia. Sede Bogotá. Facultad de Medicina. Departamento de Fisiología.
44. Muñoz, M., García, J., & Remacha, F. (2011). Disorders of iron metabolism. Part 1: molecular basis of iron homeostasis, *J Clin Pathol*, 281–286.
45. Murphy, W. G. (2014). The sex difference in haemoglobin levels in adults - Mechanisms, causes, and consequences. *Blood Reviews*, 28(2), 41–47.
46. Otto, J. M., Montgomery, H. E., & Richards, T. (2013). Haemoglobin concentration and mass as determinants of exercise performance and of surgical outcome. *Extreme Physiology & Medicine*, 2(1), 33.
47. Otto, J. M., Plumb, J. O. M., Wakeham, D., Clissold, E., Loughney, L., Schmidt, W., ... Richards, T. (2017). Total haemoglobin mass, but not haemoglobin concentration, is associated with preoperative cardiopulmonary exercise testing-derived oxygen-consumption variables. *British Journal of Anaesthesia*, 118(5), 747–754.
48. Piñeros, M Pardo, C Poveda, E. (2011). Prácticas de alimentación en adolescentes escolares de cinco ciudades colombianas: resultados de la Encuesta Mundial de Salud a Escolares. *Rev Colomb Cancerol*, 15(9), 5–12.
49. Ploszczyca, K., Langfort, J., & Czuba, M. (2018). The Effects of altitude training on erythropoietic response and hematological variables in adult athletes: A narrative review. *Frontiers in Physiology*, 9(APR).

50. Prommer, N., Wachsmuth, N., Thieme, I., Wachsmuth, C., Mancera-Soto, E. M., Hohmann, A., & Schmidt, W. F. J. (2018). Influence of endurance training during childhood on total hemoglobin mass. *Frontiers in Physiology*, 9(MAR), 1–9.
51. Rodríguez, S., Hotz, C., & Rivera, J. (2007). Bioavailable dietary iron is associated with hemoglobin concentration in Mexican preschool children. *The Journal of Nutrition*, 137(April), 2304–2310.
52. Rojas, J. (2002). Aspectos fisiológicos en la adaptación a la hipoxia altitudinal. *Acta Biol. Colomb.*, 7(2), 5–16.
53. Sánchez, T Lopez, N Rodríguez, S García, A Rivera, J Carriquiry, A Villapando, S. (2016). High Prevalence of Inadequate Calcium and Iron Intakes by Mexican Population Groups as. *American Society for Nutrition*, 1874–1880.
54. Sanchez, T Lopez, N Rodríguez, S García, A Rivera, J Carriquiri, A Villalpando, S. (2016). High Prevalence of Inadequate Calcium and Iron Intakes by Mexican Population Groups as Assessed by 24 - Hour Recalls. *The Journal of Nutrition*, 1874–1880.
55. Schmidt, W Prommer, N. (2005). The optimised CO-rebreathing method: a new tool to determine total haemoglobin mass routinely. *Eur J Appl Physiol.*, 95(5 - 6), 486 – 495.
56. Schmidt, W., & Prommer, N. (2008). Effects of various training modalities on blood volume. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 18, 57–69.
57. Schmidt, W Prommer, N. (2010). Impact of alterations in total hemoglobin mass on VO₂max. *Exerc Sport Sci Rev*, 38, 68 – 75.

58. Steinfeldt, L., Anand, J., & Murayi, T. (2013). Food Reporting Patterns in the USDA Automated Multiple-Pass Method. *Procedia Food Science*, 2, 145–156.
59. Suverza, A Haua, K. (2010). El ABCD de la Evaluación del Estado Nutricional. México D.F.: Mc Graw Hill.
60. Universidad Industrial de Santander. (2011). *Atlas Fotográfico de Porciones para Cuantificar el Consumo de Alimentos y Nutrientes en Santander, Colombia* (Primera Ed). Bucaramanga.
61. Vandevijvere, S., Michels, N., Verstraete, S., Ferrari, M., Leclercq, C., Cuenca-García, M., ... Huybrechts, I. (2013). Intake and dietary sources of haem and non-haem iron among European adolescents and their association with iron status and different lifestyle and socio-economic factors. *European Journal of Clinical Nutrition*, 67(7), 765–772.
62. Wachsmuth, N. B., Aigner, T., Völzke, C., Zapf, J., & Schmidt, W. F. (2015). Monitoring recovery from iron deficiency using total hemoglobin mass. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(2), 419–27.
63. Wachsmuth, N. B., Völzke, C., Prommer, N., Schmidt-Trucksäss, A., Frese, F., Spahl, O., ... Schmidt, W. (2013). The effects of classic altitude training on hemoglobin mass in swimmers. *European Journal of Applied Physiology*, 113(5), 1199–1211.
64. Zijp, I. M., Korver, O., Tijburg, L. B. M., Zijp, I. M., Korver, O., & Tijburg, L. B. M. (2000). Effect of Tea and Other Dietary Factors on Iron Absorption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40(5), 371–398.

ANEXO 1 - RESUMEN DE ANTECEDENTES – RELACIÓN DE MASA DE HEMOGLOBINA E INGESTA DE HIERRO EN ADOLESCENTES DESDE EL ABORDAJE METODOLÓGICO

Autores	Título del documento	Población	Metodología	Método de evaluación de la ingesta
Chacón Orlando	Tesis: "Evaluación del consumo habitual de alimentos fuente de hierro y de la aceptabilidad de la estrategia de suplementación con hierro en preescolares y escolares en el Distrito Capital" (2011)	Preescolares y escolares del Distrito Capital (Niños y niñas de 1 a 5 años y de 6 a 12 años de las IED y Jardines del Distrito)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Estandarización de porciones de alimentos (módulos de alimentos, validados por Programa Mundial de Alimentos PMA en el 2005). 2. Desarrollo: Para tal fin el estudio mencionado, utilizó la metodología de ProPAN: proceso para la Promoción de la Alimentación del Niño, la cual fue desarrollada por la Universidad de Emory, EEUU, el Instituto de Investigación Nutricional del Perú, el Instituto Nacional de Salud Pública de México y la Organización Panamericana de la Salud, EEUU. 3. Recordatorio 24 horas: Codificación de módulos y alimentos, listado tiempos de comida, nombres alimentos e ingredientes, peso (reportado bruto o neto), forma reportada (cocido, crudo, etc.), fracción consumida, 	<p>Recordatorio de 24 horas (día anterior) Seleccionada en forma aleatoria y en días no consecutivos para garantizar independencia entre las observaciones, lo cual se logra espaciando entre tres y cuatro días la recolección del segundo recordatorio, esto permite estimar y ajustar la variabilidad interindividual y por tanto obtener mayor precisión de los datos</p> <p>→ Modelos y fotografías. Codificar las raciones estandarizadas</p> <p>→ Listado de alimentos predefinidos con alto contenido de hierro (Tomados de la ENSIN)</p>

			cantidad consumida y código de medida.	
Gamboa Edna	“Diseño y Validación de un instrumento de medición de ingesta dietaria de hierro” (2006)	Adultos de 20 a 60 años en Bucaramanga. 229 sujetos	<p>Validez y reproducibilidad de un instrumento de medición de la ingesta de hierro (CFC).</p> <p>Comparación Del instrumento con el Gold Estándar (ferritina sérica), para analizar reproducibilidad y validez del CFC y de los modelos predictivos.</p> <p>Para listas de chequeo del CFC se utilizó:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Regresión lineal múltiple (Max_r y maximización de la varianza) - % participación (%TP) de cada alimento a la ingesta total del nutriente. - Selección basada en consenso de expertos - Para todos los anteriores se estableció coeficiente de determinación (R²) 	<p>Cuestionario de frecuencia de consumo (CFC) en el último mes, retomando un registro ponderado de 7 días (R7D) de un estudio anterior (“Desarrollo y validación de instrumentos de evaluación de dietas apropiadas para la Población Colombiana. Fases I y II”) para determinar la lista de alimentos ricos en hierro.</p> <p>Las listas de chequeo de alimentos para el CFC se determinan por tabla de composición de alimentos y regresión lineal.</p>
Kathryn L. Beck, Rozanne Kruger, Cathryn A. Conlon, Anne-Louise	The Relative Validity and Reproducibility of an Iron Food Frequency Questionnaire for Identifying Iron-Related Dietary Patterns in Young Women (2012)	Mujeres entre 18 y 44 años (n=115)	<p>Validez y reproducibilidad del cuestionario de frecuencia de consumo (CFC) para hierro (FeFFQ) para identificar los patrones de ingesta de hierro.</p>	<p>Cuestionario de frecuencia de consumo para hierro en dos ocasiones (FeFFQ 1 y FeFFQ 2), entre un periodo de un mes los participantes completaron un registro</p>

<p>M. Heath, Jane Coad, Christophe Matthys, Beatrix Jones, Welma Stonehouse</p>				<p>de la dieta de 4 días. La lista de alimentos del CFC se basa en la encuesta nacional de Nutrición de Nueva Zelanda y la tabla de composición de alimentos de este país.</p> <p>Los alimentos también fueron separados de acuerdo al contenido de hierro, Vit. C, calcio, Vit. A y fibra.</p>
<p>Alecia J. Leonard, Kerry A. Chalmers, Clare E. Collins, Amanda J. Patterson</p>	<p>The effect of nutrition knowledge and dietary iron intake on iron status in young women (2014)</p>	<p>Mujeres de 18 a 35 años (n= 107)</p>	<p>Se correlacionó el cuestionario de conocimiento Nutricional, la ingesta de hierro y parámetros hematológicos como Ferritina Sérica, Hemoglobina, Receptor Soluble de Transferrina (sTfR) y 1 – α glicoproteína; estos últimos se correlacionaron con la ingesta de hierro</p>	<p>Se utilizó el Cuestionario de Frecuencia de Consumo de Alimentos (CFC), Dietary Questionnaire for Epidemiological Studies Version 2 (DQESv2), designado por el Cancer Council de Victoria y validado para mujeres Australianas premenopáusicas. Correlación entre el reporte de pesaje de alimentos y el CFC (0,51 para hierro).</p> <p>El CFC fue semicuantitativo y refirió el consumo en las siguientes categorías: Nunca, menos de 1 vez por mes, 1 a 3 veces</p>

				<p>por mes, 2 veces por semana, 3 a 4 veces por semana, 5 a 6 veces por semana, 1 vez por día , 2 veces por día y 3 o más veces por día.</p>
<p>Amanda de Moura Souza, Laura Augusta Barufaldi, Gabriela de Azevedo Abreu, Denise Tavares Giannini, Cecília Lacroix de Oliveira, Marize Melo dos Santos, Vanessa Sá Leal, Francisco de Assis Guedes Vasconcelos</p>	<p>Proyecto ERICA (Estudio de Riesgo Cardiovascular en Adolescentes Brasileños) (2016)</p>	<p>Adolescentes entre 12 y 17 años (n= 71.971)</p>	<p>Encuesta Nacional Escolar para evaluar riesgo cardiovascular y síndrome metabólico en la población adolescente en Brasil.</p>	<p>La ingesta alimentaria fue estimada por Recordatorio de 24 horas (24 HDR) con el método de múltiples pasos. La lista de ítems del Software utilizado fue establecida sobre Bases de Datos de Compras de Alimentos y Bebidas de 2002 - 2003 y el análisis de los alimentos se realizó con la Tabla de Composición de Alimentos Brasileña. Para la valoración de la ingesta de micronutrientes, fueron correlacionados con la Variabilidad de Pearson de acuerdo al método propuesto por la National Cancer Institute (NCI). Consiste en dos partes de un modelo no lineal mixto; el primero es un modelo de efecto de regresión logística que estima la probabilidad de consumo, el segundo estima la cantidad consumida a</p>

				<p>través del modelo de regresión lineal con efecto randomizado. Ambos aplicados luego de normalizar los datos.</p> <p>Las covariables fueron las regiones de Brasil y el área de pertenencia de las escuelas (rural y urbana).</p>
<p>Larissa Almenara Silva dos Santos Clarissa Soares Adriana Coutinho Giusti Días Nathália Penna Antonio Orestes de Salvo Castro Vilma Blondet de Azeredo</p>	<p>Nutritional status and food consumption of young women in the luteal and follicular phases (2011)</p>	<p>Mujeres Voluntarias de edad mínima de 20 años y máxima de 40 años (n= 45)</p>	<p>Estudio longitudinal por un periodo de 3 meses, con el propósito de encontrar la relación entre la ingesta y el síntoma de “antojos alimentarios” del Síndrome Premestruar.</p> <p>Se recolecta información sobre datos sociodemográficos, historia clínica, datos antropométricos, estilo de vida, menarquia y relaciones sexuales.</p>	<p>Se realizaron 6 registros alimentarios mensuales; 3 en la fase lútea y 3 en la fase folicular. El método para determinar esto fue el registro de alimentos, para el cual las voluntarias se encontraban capacitadas. El cálculo del aporte nutricional de los alimentos está basado en la Guía Alimentaria de la Pirámide, adoptada por la población Brasileña.</p> <p>Los antojos Alimetarios fueron medidos por el <i>Daily Symptom Report</i>.</p>

ANEXO 2 - EVALUACIÓN DE INGESTA DIETARIA

PARA LOS PADRES DE NIÑOS Y ADOLESCENTE PARTICIPANTES EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

“RELACIÓN ENTRE LA INGESTA DE HIERRO Y LA MASA DE HEMOGLOBINA EN ADOLESCENTES ENTRENADOS EN RESISTENCIA Y NO ENTRENADOS, RESIDENTES EN BOGOTÁ D.C.”

1. DATOS GENERALES Y FAMILIARES

FECHA DE EVALUACIÓN
DIA MES AÑO

--	--	--

_____ SEXO 1. M _____ 2. F _____
APELLIDOS NOMBRES

LUGAR DE NACIMIENTO _____ FECHA DE NACIMIENTO: DIA MES AÑO

EDAD _____ PESO AL NACER: _____ g. TALLA AL NACER _____ cm

PESO DE LA MADRE: PESO DEL PADRE:

NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA: LEVE _____ MODERADA _____ INTENSA _____

HORAS DE ENTRENAMIENTO A LA SEMANA:

HORAS DE SUEÑO PROMEDIO DÍA:

HORAS DE TIEMPO SENTADO (INDEPENDIENTE DE LA ACTIVIDAD QUE REALICE):

TIEMPO DE PRÁCTICA DEPORTIVA (SI APLICA):

NOMBRE DEL ACUDIENTE: _____ TELEFONO: _____

2. DATOS SOCIOECONOMICOS

COMPOSICIÓN FAMILIAR: PAPA _____ MAMA _____ No DE HERMANOS _____

OTROS (QUIENES): _____ ¿CUANTOS SON? _____

LUGAR QUE OCUPA EN LA FAMILIA DE MAYOR A MENOR _____

¿ASISTE AL COLEGIO? SI _____ NO _____

¿CUAL? U.N. _____ OTRO _____ JORNADA COMPLETA: _____ A.M. _____ P.M. _____

¿NIVEL EN QUE SE ENCUENTRA? _____

INFORMACION DE LOS PADRES: ESTRATO SOCIOECONÓMICO (por recibo de servicios públicos): _____

116 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

EDAD	ESCOLARIDAD	OCUPACION	
PAPA _____	PRIMARIA _____ SECUNDARIA _____ TECNICO _____ UNIVERSIDAD _____	ESTUDIANTE _____ EMPLEADO _____ INDEP. OTRO _____	INSTITUCION _____ CARRERA _____ SEMESTRE _____ _____ INSTITUCION _____ CARGO _____ _____
MAMA _____	PRIMARIA _____ SECUNDARIA _____ TECNICO _____ UNIVERSIDAD _____	ESTUDIANTE _____ EMPLEADO _____ INDEP. OTRO _____	INSTITUCION _____ CARRERA _____ SEMESTRE _____ _____ INSTITUCION _____ CARGO _____ _____

SITIO DE MERCADO			
TIENDA	SUPERMERCADO	PLAZA	OTRO, ¿CUÁL?

FRECUENCIA DE MERCADO Y COSTO			
DIARIO	SEMANAL	QUINCENAL	MENSUAL
	<\$10.000		
	\$10.000 - \$20.000		
	\$30.000 - \$60.000		
	\$70.000 - \$100.000		
	\$110.000 - \$200.000		
	\$210.000 - \$350.000		
	>\$350.000		

SALARIO MINIMO: \$ 689.435

¿CUANTO PORCENTAJE DE LOS INGRESOS FAMILIARES DESTINA A LA ALIMENTACIÓN MENSUALMENTE?: _____

PERSONA QUE REALIZA LAS SIGUIENTES ACTIVIDADES

ACTIVIDAD	CUIDAR AL NIÑO	REALIZAR EL MERCADO	PREPARAR LOS ALIMENTOS DEL NIÑO
PERSONA			
MAMA			
PAPA			
ABUELA (ABUELO)			
OTRO(QUIEN)			

117 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

TIPO DE VIVIENDA	FORMA DE TENENCIA DE LA VIVIENDA
CASA	PROPIO _____
APARTAMENTO	ARRIENDO _____
PIEZA	FAMILIAR _____

2. ALIMENTACIÓN HABITUAL Y ACTUAL
LUGAR DONDE RECIBE LOS ALIMENTOS EN LOS DIFERENTES TIEMPOS DE COMIDA:

DESAYUNO: _____ NUEVES: _____ ALMUERZO: _____
 ONCES: _____ COMIDA: _____ OTRO: _____

ALIMENTOS PREFERIDOS POR EL NIÑO

<u>Frutas</u> (enteras, jugos)	<u>Verduras</u>	<u>Lácteos</u>	<u>Cereales</u> y <u>derivados</u>	<u>Papa,</u> <u>yuca o</u> <u>plátano</u>	<u>Carnes,</u> <u>huevos</u> y <u>vísceras</u>	<u>Granos</u>	<u>Dulces,</u> <u>golosinas</u>	<u>Frituras,</u> <u>grasas</u>	<u>Comidas</u> <u>rápidas</u>	<u>Jugos</u> <u>artificiales,</u> <u>gaseosas</u>	<u>Otros</u>

ALIMENTOS RECHAZADOS

<u>Frutas</u> (enteras, jugos)	<u>Verduras</u>	<u>Lácteos</u>	<u>Cereales</u> y <u>derivados</u>	<u>Papa,</u> <u>yuca o</u> <u>plátano</u>	<u>Carnes,</u> <u>huevos</u> y <u>vísceras</u>	<u>Granos</u>	<u>Dulces,</u> <u>golosinas</u>	<u>Frituras,</u> <u>grasas</u>	<u>Comidas</u> <u>rápidas</u>	<u>Jugos</u> <u>artificiales,</u> <u>gaseosas</u>	<u>Otros</u>

ALIMENTOS NO TOLERADOS

<u>Frutas</u> (enteras, jugos)	<u>Verduras</u>	<u>Lácteos</u>	<u>Cereales</u> y <u>derivados</u>	<u>Papa,</u> <u>yuca o</u> <u>plátano</u>	<u>Carnes,</u> <u>huevos</u> y <u>vísceras</u>	<u>Granos</u>	<u>Dulces,</u> <u>golosinas</u>	<u>Frituras,</u> <u>grasas</u>	<u>Comidas</u> <u>rápidas</u>	<u>Jugos</u> <u>artificiales,</u> <u>gaseosas</u>	<u>Otros</u>

¿CÓMO ES EL APETITO DEL NIÑO?:

118 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

MUY BUENO _____ BUENO _____ REGULAR _____ MALO

¿LA ALIMENTACION DEL FIN DE SEMANA DIFIERE DE LOS DEMAS DIAS?

1. SI ____ 2. NO ____ DESCRIBA LOS PRINCIPALES CAMBIOS:

120 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

ALIMENTO	FRECUENCIA DE CONSUMO Y NÚMERO DE PORCIONES							OBSERVACIONES
	Diario	2 – 3 veces por semana	1 vez por semana	Quincenal	Mensual	Ocasional	Nunca	
pimentón, berenjena, repollo etc.)								
Papa (con o sin cáscara)- Papa criolla								
Plátano / Yuca / arracacha								
Cereales (Arroz blanco, pasta, maíz)								
Productos de panadería (Pan, galletas, ponqué)								
Productos de panadería integrales (Pan, galletas integrales).								
Cereal del desayuno								
Mezclas vegetales (Bienestarina, etc.)								
Frutos secos (maní, nueces, almendras, etc.)								
Mantequilla /margarina								
Aceite (frituras)								
Gomas, dulces, colombinas								
Productos ricos en azúcares simples (Bocadillos, chocolatinas, etc.)								
Azúcar								
Salsa de tomate								
Mayonesa / crema de leche								
Papas fritas de paquete y otros paquetes (Chitos, doritos, tocinetas, etc-)								
Gaseosas								
Jugos de caja								
Comidas rápidas								
Agua								

Elaborado por: Mercedes Mora, modificado por Melier Vargas y Katherin Quintero

4. RECORDATORIO DE 24 HORAS

Lista rápida → Paso 1

REGISTRO INDIVIDUAL DE INGESTA DE ALIMENTOS RECORDATORIO DE 24 HORAS

Fecha entrevista: ____ / ____ / ____				Día 1		Día 2		
Día de la semana del recordatorio:		Lu	Ma	Mi	Ju	Vi	Sa	Do
¿A qué hora se despertó el día de ayer?: _____								
¿Cuántas horas de sueño tuvo el día de ayer?: _____								
<i>“¿Me puede decir todo lo que comió y bebió el día de ayer, desde que se despertó hasta que se fue a dormir?”</i>								
LISTADO PRELIMINAR	TIEMPO DE COMIDA	HORA	LISTADO PRELIMINAR	TIEMPO DE COMIDA	HORA			
→ <i>“Sra./Sr./joven (NOMBRE DEL ENTREVISTADO) “Además de lo que ya mencionó, ¿ayer comió o bebió alguno de los alimentos que le voy a mencionar?”. LEER LA LISTA DE ALIMENTOS COMUNMENTE OLVIDADOS</i>								

123 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

HORA	TIEMPO DE COMIDA	LUGAR	ALIMENTOS / BEBIDAS /PREPARACIONES (Tipo, Marca y Sabor)	FORMA DE COCCIÓN	# de porciones	Tamaño de la porción	Restos (%)	g/ml	N° FOTOGRAFIA O MODELO

Preguntas hábitos:

- 1) ¿Usted consumió agua ayer?, ¿Cuánta agua consumió ayer?, ¿Utiliza regularmente sal de mesa?, ¿Utiliza regularmente gaseosas/bebidas?:
- 2) La información brindada por el participante fue:

5. ¿CONSUME SUPLEMENTOS ALIMENTICIOS? 1. SI _____ 2. NO _____

FRECUENCIA	Diario	2 – 3 veces por semana	1 vez por semana	1 vez cada 15 días	1 vez al mes	Ocasional
TIPO	Capsulas	Pastillas	Cucharadas polvo	Otro, ¿cuál?		
CANTIDAD	1 unidad (1 cucharada)	2 unidades (2 cucharadas)	3 unidades (3 cucharadas)	Más de 3 unidades (3 cucharadas)		

ANEXO 3 – AVAL COMITÉ DE ÉTICA FACULTAD DE MEDICINA

Comité de Ética
Facultad de Medicina
Sede Bogotá



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

ACTA DE EVALUACIÓN: N°. 006-055-17
Fecha: 27 de abril de 2017

Nombre completo del proyecto: "RELACIÓN ENTRE LA INGESTA DE HIERRO Y LA MASA DE HEMOGLOBINA EN ADOLESCENTES ENTRENADOS EN RESISTENCIA Y NO ENTRENADOS, RESIDENTES EN BOGOTÁ D.C."

Versión número: 01

Sometido por: la estudiante Katherin Johana Quintero Barrantes

Dirigido por: las profesoras Melier Vargas Zarate y Mercedes Mora Plazas

Presentado por: la profesora Mary Luz Ocampo Plazas, Coordinadora Académica

Departamento o Sección: Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Facultad de Medicina

Fecha en que fue sometido a consideración del Comité: 27 de abril de 2017

EL COMITÉ DE ÉTICA DE INVESTIGACION DE LA FACULTAD DE MEDICINA. Se constituyó mediante la Resolución 152, (Acta No. 43 del 5 de diciembre de 1996) actualizado mediante resolución 008 (acta 03 de 27 de enero de 2011), de Consejo de Facultad el Comité de Ética de investigación, el cual está regido por la Resolución 008430 del 4 de octubre de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que estableció las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud; los principios de la Asamblea Médica Mundial expuestos en su Declaración de Helsinki de 1964, última revisión del año 2000; y el código de regulaciones federales, título 45, parte 46, para la protección de los sujetos humanos, del departamento de salud y servicios humanos de los institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos (Junio 18 de 1991).

1. Sus miembros revisaron los siguientes documentos del presente proyecto:

- ✓ Carta de presentación del proyecto generada por la unidad básica o el departamento.
- ✓ Copia de la evaluación de los jurados o pares académicos que evaluaron y aprobaron el trabajo
- ✓ Copia del proyecto completo de investigación.
- ✓ Dos resúmenes ejecutivos.
- ✓ Dos copias del consentimiento informado (en español y cuando la investigación lo amerite).
- ✓ Hojas de vida resumidas de los investigadores y coinvestigadores del proyecto
- ✓ Consideraciones éticas según resolución 8430 Ministerio de Salud.
- ✓ Resultados de evaluación por otros comités (si aplica)

2. El presente proyecto fue evaluado y aprobado por los siguientes miembros del Comité:

1	Amador Luis Roberto	Departamento de Patología
2	Arteaga Díaz Clara Eugenia	Departamento de Morfología
3	Duarte Gutiérrez Liz Marcela	Asesora Jurídica Facultad de Medicina
4	Guerrero Fonseca Carlos Arturo	Departamento de Ciencias Fisiológicas
5	Parra Pineda Mario Orlando	Departamento de Obstetricia y Ginecología

3. El Comité consideró que el presente estudio:

- a. Es válido desde el punto de vista ético. La investigación involucra un riesgo igual al promedio para los sujetos que participan en ella. La investigación se ajusta a los estándares de la buena práctica clínica.

[Página 1/1]
Elaboró Jeannette Pineda A.

Carrera 30 N°. 45-03
FACULTAD DE MEDICINA, Edificio 471 - 1 piso, Of.136
Conmutador: (57) (1) 316 5000 ext. 15167
Bogotá, Colombia
eticasalud_fmboq@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

Comité de Ética
Facultad de
Medicina



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Sede Bogotá

b. El Comité considera que las medidas que están siendo tomadas para proteger a los sujetos humanos son adecuadas.

4. El Comité informará inmediatamente a las directivas institucionales:

- a. Todo desacato de los investigadores a las solicitudes del Comité.
- b. Cualquier suspensión o terminación de la aprobación por parte del Comité.

5. El Comité informará inmediatamente a las directivas, toda información que reciba acerca de:

- a. Lesiones o daños a sujetos humanos con motivo de su participación en la investigación Problemas imprevistos que involucren riesgos para los sujetos u otras personas.
- b. Cualquier cambio o modificación a este proyecto que haya sido revisado y aprobado por este comité

6. Cuando el proyecto sea aprobado, será por un periodo de un (1) año a partir de la fecha de aprobación.

7. El Investigador principal deberá:

- a. Informar de cualquier cambio que se proponga introducir en el proyecto. Estos cambios no podrán ejecutarse sin la aprobación previa del COMITÉ DE ÉTICA DE LA FACULTAD DE MEDICINA) excepto cuando sean necesarios para minimizar o suprimir un peligro inminente o un riesgo grave para los sujetos que participan en la investigación.
- b. Avisar de cualquier situación imprevista que se considere implica algún signo de riesgo para los sujetos o la comunidad o el medio en el cual se lleva a cabo el estudio.
- c. Informar de cualquier evento adverso serio de algún paciente, comunicando la situación al secretario y al presidente del Comité de Ética), de acuerdo con la normatividad que el INVIMA ha generado a este respecto.
- d. Poner en conocimiento del comité toda información nueva importante respecto al estudio, que pueda afectar la relación riesgo/beneficio de los sujetos participantes.
- e. Comunicar cualquier decisión tomada por otros comités con respecto a la investigación que se lleva a cabo.
- f. Informar de la terminación prematura o suspensión del proyecto explicando las causas o razones.
- g. Presentar a este comité un informe cuando haya transcurrido un año, contado a partir de la aprobación del proyecto. Los proyectos con duración mayor a un año, serán reevaluados a partir del informe de avance integrado.
- h. Todos los proyectos deben entregar al finalizar un informe final de cierre del estudio, este cierre puede ser el informe final en formato completo o en formato de resumen de cierre de estudio, firmado por el investigador responsable del estudio.

8. Observaciones:

El comité considera que el proyecto de investigación no presenta dilemas éticos por lo tanto emite **Concepto Aprobatorio**.

Nombre: **CARLOS ARTURO GUERRERO FONSECA**
Título: PhD Doctorado en Bioquímica, MSc. en Farmacología y MSc. en Genética Humana
Cargo: Presidente Comité de Ética

[Página 2/2]
Elaboró Jeannette Pineda A.

Carrera 30 N°. 45-03
FACULTAD DE MEDICINA, Edificio 471- 1 piso, Of. 136
Comutador: (57) (1) 316 5000 ext. 15167
Bogotá, Colombia
eticasalud_fmboq@unal.edu.co

Patrimonio
de todos
los colombianos

ANEXO 4 - DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

PARA LOS PADRES DE NIÑOS Y ADOLESCENTES PARTICIPANTES EN EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PRINCIPAL: “COMPARACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DE VARIABLES HEMATOLÓGICAS, HORMONALES Y DEL CONSUMO DE OXIGENO EN NIÑOS Y ADOLESCENTES ENTRENADOS EN RESISTENCIA, RESIDENTES EN BAJA Y MODERADA ALTITUD”

Investigadores Principales: Erica Mabel Mancera Soto, Diana Marcela Ramos Caballero y Edgar Cristancho

Grupo de Investigación en Adaptaciones a la Hipoxia y al Ejercicio

Universidad Nacional de Colombia

Este documento de consentimiento informado tiene dos partes:

- I. Información
- II. Formulario de consentimiento

Se le enviará una copia escaneada de este documento completo firmado a su correo electrónico.

PARTE I. Información

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

OBJETIVO

Este consiste en evaluar la relación entre la aptitud física o nivel de entrenamiento, variables hematológicas (algunos valores en sangre), consumo de oxígeno y altura a la que se entrena en niños(as) y adolescentes entrenados y no entrenados.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de este trabajo radica en la escasa información relacionada con las variables de la sangre y en especial dos muy importante para la salud y el rendimiento de su hijo, llamadas masa total de hemoglobina y consumo de oxígeno y cómo estas se

encuentran determinadas por el sexo, los cambios inherentes a la pubertad y la altitud a la cual se entrene.

DESCRIPCIÓN DEL ESTUDIO

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

Estas evaluaciones se realizarán en las instalaciones del Instituto de Recreación y Deporte, el Centro de Ciencias del Deporte de Coldeportes y el laboratorio de Fisiología del Grupo de Investigación en adaptaciones a la hipoxia y al ejercicio de la Universidad Nacional, dependiendo de las mediciones a realizar se informará las condiciones y hora específica.

Los niños(as) y adolescentes asistirán entre tres a cuatro sesiones en las que se les realizarán los procedimientos que a continuación se describen:

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

1. Historia clínica y Valoración médica: antecedentes médicos personales y familiares, revisión por sistemas y examen físico por médico deportólogo. Se realizará un electrocardiograma en reposo. Adicionalmente el médico evaluará el estado de maduración sexual a través de mostrarle al padre y al niño unas imágenes en la que ellos identifiquen la etapa en la que se encuentran.
2. Se aplicarán unas encuestas sencillas para recolectar datos personales (tratados de acuerdo a la normativa nacional) y para determinar el nivel de actividad física y hábitos alimentarios de su hijo(a).
3. Se realizarán medidas de talla, peso corporal, porcentaje de grasa (PG) y masa libre de grasa a través de la toma de pliegues, para lo cual el niño deberá estar ropa interior
4. Determinación de masa de hemoglobina y volumen sanguíneo: se utilizará el método de re-inspiración de monóxido de carbono (CO), el cual ha sido utilizado por nuestro grupo desde su introducción al país hace 10 años que no representa ningún riesgo para su hijo/a. Durante este procedimiento se requiere la punción del lóbulo de la

oreja para obtener mínimas muestras de sangre (procedimiento que no resultará doloroso)

5. Se obtendrá una muestra pequeña de sangre del brazo para medir Eritropoyetina, ferritina y reticulocitos, hematocrito y concentración de hemoglobina.

6. Para la determinación del consumo de oxígeno, se realizará un test de ejercicio incremental hasta la fatiga en bicicleta o banda sin fin, según la especificidad del deporte.

BENEFICIOS DE LA PARTICIPACIÓN

A través de las diferentes evaluaciones mencionadas, usted, su hijo(a) o representante legal y los investigadores tendrán conocimiento acerca de su condición en relación a las variables de la sangre a partir de los resultados obtenidos y de la capacidad física y de rendimiento de su hijo, que podrán ser utilizadas para la detección de talentos deportivo, control, seguimiento y optimización del rendimiento deportivo. Adicionalmente, con estos es posible detectar afecciones a nivel sanguíneo por ejemplo deficiencias de hierro en los niños y sus implicaciones médicas.

MOLESTIAS Y RIESGOS DURANTE SU PARTICIPACIÓN

Esta es una investigación de riesgo mínimo. Durante la realización de cualquier actividad física puede producirse ciertos riesgos, aunque la incidencia de los mismos es muy baja (menor al 0.1%). Entre estos riesgos está respuestas anormales al esfuerzo y al ejercicio, desmayos, mareos, falta de aire. No obstante, se garantizarán todas las precauciones para minimizar la incidencia de tales fenómenos. Se contará con personal entrenado disponible para hacer frente a estas situaciones en el caso de que se produzcan.

PARTICIPACIÓN / RETIRADA VOLUNTARIA DEL ESTUDIO

La participación de su hijos (as) o representante legal es voluntaria y en el caso de que se decida suspender, no va a suponer ningún tipo de penalización. Así mismo, los voluntarios podrán ser retirados del estudio, sin su consentimiento, si el investigador lo considera, se consignará detalladamente la causa.

PREGUNTAS E INFORMACIÓN

Cualquier nueva información referente a las pruebas realizadas, que se descubra mientras dure la participación, será debidamente explicada.

En caso de dudas sobre el estudio o los derechos de su hijo(a) o representante legal, podrá contactar con las investigadoras Erica Mancera Soto, emmanceras@unal.edu.co.

Teléfono celular: 3105703280 o Diana Marcela Ramos dmramosc@unal.edu.co Teléfono celular: 3134729233

CONFIDENCIALIDAD Y PRIVACIDAD

Los resultados de las mediciones se manejarán con la más estricta garantía de confidencialidad, y se dedicarán exclusivamente al estudio de los parámetros establecidos.

La información, los datos y resultados obtenidos del estudio, como también los plasmas o sueros que se almacenen serán utilizados para la presente investigación y así mismo, si usted lo autoriza, para proyectos futuros de investigación en la población infantil y adolescente. En todo momento se protegerá la identidad de los participantes. Así mismo a estos datos tendrán acceso exclusivo los investigadores del estudio.

He leído y comprendido este documento y no tengo ninguna duda con respecto a su contenido, puesto que he tenido la oportunidad de preguntar y ser debidamente informado. Y consiento voluntariamente autorizar la participación de mi hijo/a o representado legal, y entiendo que tengo derecho a retirarlo(a) de la investigación en cualquier momento.

Yo _____ (nombre del padre/madre o representante legal) acepto participación de mi hijo/a _____ (nombre del niño/a o adolescente participante) en la investigación aquí mencionada y de acuerdo a las condiciones expuestas anteriormente.

Firma: _____

Correo Electrónico: _____

Fecha: _____

Teléfono: _____

Testigo

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

Investigador

Nombre: _____

Firma: _____

Fecha: _____

ASENTIMIENTO INFORMADO

Formulario de asentimiento del participante:

Nombre del acudiente o adulto responsable:

Relación o Parentesco: _____

Si quieres y decides participar en este estudio, te vamos a pedir el favor que contestes una serie de preguntas que te realizaremos los investigadores.

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

No, es una decisión tuya. Si no quieres participar no habrá ningún problema con tu entrenador, profesor(a), ni con el colegio, ni con tus amigos, ni con tus padres.

Acuérdate que tú eres el único que decide si quieres participar y nadie se enojará contigo si no quieres o más adelante cambias de opinión y no quieres seguir, esto me lo puedes decir y finalizará el cuestionario.

En este momento puedes hacer cualquier pregunta que tengas acerca del estudio. Si se te olvida preguntar algo o te acuerdas de algo después, me puedes preguntar la siguiente vez que me veas o me puedes llamar al 3105703280 o 3144729233

131 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

La firma de tu nombre de este formulario significa que estás de acuerdo con participar en este estudio. Tú y tus padres o responsables, recibirán una copia al correo de este formulario después de que lo hayas firmado.

Recuerda que en cualquier momento puedes decidir no llenarla más.

Tu nombre: _____

Tu Firma _____

Fecha de hoy: _____

ANEXO 5. FRECUENCIA DE CONSUMO DE ALIMENTOS

Tabla 1. Frecuencia de consumo de leche, derivados lácteos, carnes, huevos y leguminosas en los adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017

Alimento	Frecuencia de consumo	Entrenado		No entrenado		Total	
		N°	%	N°	%	N°	%
Leche	1 vez/semana	1	4	0	0	1	2,2
	2-3 veces/semana	0	0	3	15	3	6,7
	Diario	22	88	15	75	37	82,2
	Mensual	1	4	0	0	1	2,2
	Nunca	0	0	1	5	1	2,2
	Ocasional	1	4	1	5	2	4,4
	Total	25	100	20	100	45	100
Yogurt o Kumis	1 vez/semana	4	16	4	20	8	17,8
	2-3 veces/semana	8	32	5	25	13	28,9
	Diario	9	36	5	25	14	31,1
	Mensual	0	0	2	10	2	4,4
	Nunca	1	4	2	10	3	6,7
	Ocasional	2	8	0	0	2	4,4
	Quincenal	1	4	2	10	3	6,7
Total	25	100	20	100	45	100	
Queso	1 vez/semana	5	20	2	10	7	15,6
	2-3 veces/semana	8	32	7	35	15	33,3
	Diario	7	28	7	35	14	31,1
	Mensual	0	0	1	5	1	2,2
	Nunca	1	4	0	0	1	2,2
	Ocasional	1	4	0	0	1	2,2
	Quincenal	3	12	3	15	6	13,3
Total	25	100	20	100	45	100	
Carne de res	1 vez/semana	3	12	3	15	6	13,3
	2-3 veces/semana	17	68	14	70	31	68,9
	Diario	4	16	3	15	7	15,6
	Ocasional	1	4	0	0	1	2,2
	Total	25	100	20	100	45	100
Pollo	1 vez/semana	4	16	1	5	5	11,1
	2-3 veces/semana	17	68	16	80	33	73,3
	Diario	3	12	0	0	3	6,7
	Nunca	0	0	1	5	1	2,2
	Quincenal	1	4	2	10	3	6,7
	Total	25	100	20	100	45	100
Morcilla	1 vez/semana	0	0	1	5	1	2,2
	2-3 veces/semana	0	0	1	5	1	2,2
	Mensual	2	8	2	10	4	8,9
	Nunca	10	40	2	10	12	26,7
	Ocasional	8	32	9	45	17	37,8
	Quincenal	5	20	5	25	10	22,2
Total	25	100	20	100	45	100	
Visceras	1 vez/semana	4	16	0	0	4	8,9
	2-3 veces/semana	1	4	0	0	1	2,2
	Mensual	1	4	2	10	3	6,7
	Nunca	8	32	8	40	16	35,6
	Ocasional	9	36	8	40	17	37,8
	Quincenal	2	8	2	10	4	8,9
Total	25	100	20	100	45	100	
Huevo	1 vez/semana	2	8	1	5	3	6,7
	2-3 veces/semana	8	32	8	40	16	35,6
	Diario	15	60	11	55	26	57,8
	Total	25	100	20	100	45	100
Leguminosas	1 vez/semana	2	8	2	10	4	8,9
	2-3 veces/semana	10	40	14	70	24	53,3
	Diario	11	44	3	15	14	31,1
	Mensual	1	4	0	0	1	2,2
	Quincenal	1	4	1	5	2	4,4
Total	25	100	20	100	45	100	

Tabla 2. Frecuencia de consumo de frutas y verduras en los adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.

Alimento	Frecuencia de consumo	Entrenado		No entrenado		Total	
		N°	%	N°	%	N°	%
Frutas rojas	1 vez/semana	6	24	3	15	9	20
	2-3 veces/semana	8	32	9	45	17	37,8
	Diario	3	12	2	10	5	11,1
	Mensual	2	8	0	0	2	4,4
	Nunca	0	0	1	5	1	2,2
	Ocasional	1	4	3	15	4	8,9
	Quincenal	5	20	2	10	7	15,6
	Total	25	100	20	100	45	100
Frutas amarillas - naranjas	1 vez/semana	6	24	3	15	9	20
	2-3 veces/semana	8	32	9	45	17	37,8
	Diario	3	12	2	10	5	11,1
	Mensual	2	8	0	0	2	4,4
	Nunca	0	0	1	5	1	2,2
	Ocasional	1	4	3	15	4	8,9
	Quincenal	5	20	2	10	7	15,6
	Total	25	100	20	100	45	100
Frutas blancas	1 vez/semana	5	20	6	30	11	24,4
	2-3 veces/semana	10	40	7	35	17	37,8
	Diario	9	36	5	25	14	31,1
	Nunca	0	0	1	5	1	2,2
	Ocasional	1	4	1	5	2	4,4
	Total	25	100	20	100	45	100
Verduras verdes	1 vez/semana	4	16	8	40	12	26,7
	2-3 veces/semana	9	36	4	20	13	28,9
	Diario	6	24	4	20	10	22,2
	Mensual	1	4	0	0	1	2,2
	Nunca	0	0	3	15	3	6,7
	Ocasional	1	4	1	5	2	4,4
	Quincenal	4	16	0	0	4	8,9
	Total	25	100	20	100	45	100
Verduras amarillas	1 vez/semana	9	36	4	20	13	28,9
	2-3 veces/semana	7	28	6	30	13	28,9
	Diario	2	8	3	15	5	11,1
	Mensual	2	8	1	5	3	6,7
	Nunca	1	4	4	20	5	11,1
	Ocasional	2	8	1	5	3	6,7
	Quincenal	2	8	1	5	3	6,7
	Total	25	100	20	100	45	100
Verduras rojas	1 vez/semana	4	16	5	25	9	20
	2-3 veces/semana	6	24	6	30	12	26,7
	Diario	7	28	6	30	13	28,9
	Mensual	1	4	0	0	1	2,2
	Nunca	1	4	1	5	2	4,4
	Ocasional	5	20	1	5	6	13,3
	Quincenal	1	4	1	5	2	4,4
	Total	25	100	20	100	45	100

Tabla 3. Frecuencia de consumo de panadería integral en los adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017

Alimento	Frecuencia de consumo	Entrenado		No entrenado		Total	
		N°	%	N°	%	N°	%
Panadería integral	1 vez/semana	1	4	2	10	3	6,7
	2-3 veces/semana	8	32	2	10	10	22,2
	Diario	5	20	3	15	8	17,8
	Mensual	1	4	0	0	1	2,2
	Nunca	6	24	8	40	14	31,1
	Ocasional	3	12	4	20	7	15,6
	Quincenal	1	4	1	5	2	4,4
	Total	25	100	20	100	45	100

Tabla 4. Estadísticas descriptivas para Índice de Masa corporal, Hemoglobina, Ingesta de hierro total y Masa de hemoglobina.

Estadístico Descriptivo	Entrenados	No entrenados	Total
Índice de Masa Corporal -IMC			
Media	20,29	20,16	20,23
Mediana	20,69	19,73	20,02
Desviación estándar	1,84	1,58	1,71
Varianza	3,38	2,48	2,92
Mínimo	15,63	18,03	15,62
Máximo	23,07	23,75	23,75
Hemoglobina (g/dl)			
Media	15,07	15,17	15,11
Mediana	15,1	15,1	15,1
Moda	15,5	15,1	15,8
Desviación estándar	1,12	0,94	1,04
Varianza	1,26	0,89	1,08
Mínimo	13,19	12,93	12,92
Máximo	17,2	16,9	17,2
Ingesta de hierro total (mg)			
Media	21,54	19,30	20,54
Mediana	19,80	17,20	19,20
Desviación estándar	9,21	9,25	9,19
Varianza	84,85	85,59	84,50
Mínimo	6,50	6,50	6,50
Máximo	40,50	44,10	44,10
Masa de hemoglobina (g/kg)			
Media	12,52	11,16	11,91
Mediana	12,34	10,97	11,82
Desviación estándar	1,85	1,81	1,94
Varianza de la muestra	3,44	3,27	3,76
Mínimo	9,81	8,57	8,57
Máximo	16,24	15,31	16,24

Tabla 5. Resultados de la comparación de medias de variables con comportamiento normal.

Variable	Estadístico F	Valor p	Diferencia de medias	Prueba t	Valor p
Índice de Masa Corporal -IMC	1,3619	0,4962	0,126 IC95% (-0,919; 1,171)	0,2432	0,809
Hemoglobina (g/dl)	1,4237	0,4356	0,101 IC95% (-0,533; 0,735)	0,3214	0,7495
Ingesta de hierro total (mg)	1,4196	0,4394	0,100 IC95% (-0,532; 0,732)	0,3192	0,7511
Masa de hemoglobina (g/kg)	1,044	0,9343	0,136 IC95%(-0,251; 2,469)	24739	0,0174

Tabla 6. Distribución de la ingesta media de hierro en adolescentes entrenados y no entrenados. Bogotá D.C., 2017.

Entrenados						No entrenados					
Hémico		No Hémico		Total		Hémico		No Hémico		Total	
mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%	mg	%
3,78	17,6	17,756	82,4	21,536	100	3,52	18,2	15,78	81,8	19,3	100

Tabla 7. Estadísticos descriptivos para hemoglobina (g/dL) para adolescentes entrenados y no entrenados según sexo. Bogotá D.C., 2017.

Estadístico Descriptivo	Entrenados		No entrenados	
	Hombres	Mujeres	Hombres	Mujeres
Media	15,54	14,62	15,84	14,72
Mediana	15,60	14,60	15,8	14,75
Desviación estándar	1,21	0,87	0,66	0,84
Varianza	1,46	0,75	0,44	0,70
Mínimo	13,30	13,19	14,86	12,93
Máximo	17,20	16,10	16,9	16,1

Tabla 8. Prueba estadística t para diferencia de medias de hemoglobina (g/dL) en entrenados y no entrenados.

Grupo	Estadístico F	Valor p	Diferencia de medias	Prueba t	Valor p
Entrenados	1,02	0,32	(-)0,916 IC95% (-1,78;-0,052)	-2,19	0,04
No entrenados	0,60	0,60	(-)1,12 IC95% (-1,86;-0,375)	-3,16	0,01

ANEXO 6 - RECURSOS Y COSTOS GENERALES DEL PROYECTO

Rubros	Justificación	Tiempo determinado para inversión de rubros			Fuentes		Total
		2016 – II	2017 – I	2018 – I	Universidad Nacional – Convocatorias u otras fuentes	Recursos propios	
Talento Humano	1. Investigadora*				20.299.200		20.299.200
	2. Asesoría docente y expertos en análisis de datos**				12.000.000		12.000.000
	3. Auxiliar de investigación – analista estadístico***				1.933.050		1.933.050
Equipos y materiales	1. Computador					1.500.000	1.500.000
	2. Papelería: Papel, fotocopias lapiceros, sobres, etc.					80.000	80.000
Trabajo de campo	1. Paquete de minutos para llamar o convocar a población de estudio				300.000		300.000
Material bibliográfico de apoyo	1. Libros, artículos y demás material de apoyo. Compra de licencias para programas virtuales de análisis de datos				450.000	100.000	550.000

139 Relación entre la Ingesta de Hierro y la Masa de Hemoglobina en Adolescentes Entrenados en Resistencia y No Entrenados, residentes en Bogotá D.C.

Material para medición de consumo alimentario	1. Módulos de alimentos por grupos (Frecuencia de consumo y recordatorio de 24 horas)				162.000		162.000
	2. Atlas fotográfico de porciones para cuantificar el consumo de alimentos y nutrientes de la Universidad Industrial de Santander					99.000	99.000
Adherencia población de estudio	1. Refrigerios para asistentes a las sesiones de valoración consumo alimentario				300.000		300.000
Imprevistos logísticos, transporte y metodológicos					500.000		500.000
TOTAL POR FUENTES DE FINANCIACIÓN					35.944.250	1.779.000	37.723.250

(*) De acuerdo al manual tarifario de la Asociación Colombiana de Nutricionistas Dietistas ACODIN, para tareas de investigación y desarrollo se destina un salario básico de \$2.537.000 por los 8 meses de duración del trabajo de campo del proyecto de investigación (repartidos en 3 semestres). Valor aproximado sin el incremento anual para el 2019.

(**) Costo de contratar a un experto en análisis estadístico.

(***) El pago de 2.5 salarios mínimos por semestre al estudiante auxiliar (1 semestre de trabajo total), valor aproximado sin el incremento anual para el 2019.