UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Efecto de la ingesta de leche de vaca descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados

Laura Isabella Correa Ramírez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento del Movimiento Corporal Humano
Bogotá, Colombia
2025

Efecto de la ingesta de leche de vaca descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados

Laura Isabella Correa Ramírez

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):
PhD. MSc. ND. Ligia Stella Guerrero Orjuela
Docente del Departamento de Nutrición Humana
Universidad Nacional de Colombia

Línea de Investigación:
Nutrición, Actividad Física y Deporte
Grupo de Investigación:
Alimentación y Nutrición
Semillero NAFD. Nutrición, Actividad Física y Deporte

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Medicina, Departamento del Movimiento Corporal Humano
Bogotá, Colombia
2025

A mis padres, hermano y abuelos

Agradecimientos

Agradecimiento especial a mi familia por ser siempre ese soporte esencial y darme la fortaleza y apoyo necesario para alcanzar todas las metas que me he propuesto. Todo ha sido posible gracias a ellos.

Un gran agradecimiento a la profesora Ligia Stella Guerrero por su tiempo, colaboración, disposición y recomendaciones a lo largo de todo este proyecto.

Al profesor Diego Melgarejo, a los entrenadores Jhon Nuñez, Cristian Castillo, Nicolas Medrano y a la practicante Valentina por toda su colaboración durante la fase experimental.

A los ciclistas y padres de familia por su disposición y haber tenido siempre buena actitud en todo momento.

Al profesor Rodrigo Argothy por sus recomendaciones y sugerencias importantes para la prueba de salto contramovimiento.

También quiero agradecer a la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, y a todas las personas que he conocido por medio de esta, por su aporte en mi crecimiento profesional y personal.

Finalmente, al Instituto Municipal de Recreación y Deporte de Tocancipá y a la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales por haber permitido que se realizaran las pruebas dentro de sus instalaciones, sin eso no hubiese sido posible el desarrollo de la fase experimental de este estudio.

Resumen

Efecto de la ingesta de leche de vaca descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados

Introducción: El ciclismo es un deporte que implica un gran esfuerzo físico y una alta demanda energética. Por lo tanto, el aporte adecuado de nutrientes es fundamental para optimizar el rendimiento. La leche de vaca es un alimento de gran interés debido a su accesibilidad, bajo costo y concentración de carbohidratos similar a las bebidas deportivas que se encuentran en el mercado, por lo que puede llegar a ser una alternativa eficiente y natural para apoyar el rendimiento y la recuperación en deportistas. **Objetivo:** Determinar el efecto de la ingesta de leche de vaca descremada UHT previo a un ejercicio físico, sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados, durante pruebas de capacidad aeróbica y neuromuscular. **Metodología:** Ensayo doble ciego cruzado y aleatorizado en 8 ciclistas del equipo *SHC Cycling Team*. Se comparó la ingesta de 625 ml de leche descremada (LD) y 625 ml de leche entera (LE) durante pruebas como la ergoespirometría, la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP), prueba de salto contramovimiento (CMJ), toma de glucosa y lactato en sangre, y encuesta de síntomas gastrointestinales. Los resultados se analizaron mediante pruebas de varianza *ANOVA* y *Tukey* para las pruebas FTP y CMJ, y para los bioquímicos se empleó la *T de Student*. **Resultados:** La potencia normalizada (226,8 ± 29,2 W), potencia máxima (686,1 ± 185 W) y potencia relativa (11,8 ± 3,1 W/kg) fue superior con la LD, pero no alcanzó la significancia estadística. Se encontró una diferencia ($p < 0,0001$) al comparar los saltos finales con los saltos iniciales, independientemente de la bebida suministrada. Los bioquímicos evidenciaron un comportamiento lineal creciente de glucosa con la ingesta de LD, con un aumento significativo en sangre a un IC del 90% a los 15 min (82,4 mg/dL; $p = 0,09$) y un incremento individual de lactato en cada unidad de tiempo con cada bebida ($p < 0,01$). Finalmente, solo un ciclista presentó náuseas, distensión abdominal y eructos con la ingesta de LE. **Conclusiones:** Aunque la leche de vaca descremada no mostró mejoras significativas en el rendimiento, sus efectos fisiológicos podrían ser beneficiosos en ejercicios prolongados, al contribuir al mantenimiento de los niveles de glucosa en sangre y permitir el ahorro del glucógeno muscular, lo que probablemente retarde la aparición de la fatiga y favorezca la economía de carrera.

Palabras clave: Leche de vaca, ciclista, rendimiento deportivo, glucosa, lactato

Abstract

Effect of skimmed cow's milk intake on the performance of highly trained young cyclists

Introduction: Cycling is a sport that involves intense physical effort and high energy demands. Therefore, adequate intake of nutrients is essential to optimize performance. Cow's milk is a food of great interest due to its accessibility, low cost, and carbohydrate concentration similar to that of commercially available sports drinks. Hence, it can be an efficient and natural alternative to support performance and recovery in athletes. **Objective:** To determine the effect of ingesting UHT skimmed cow's milk before physical exercise on the performance of highly trained young cyclists during aerobic and neuromuscular capacity tests. **Methodology:** A double-blind, randomized, crossover trial was conducted in eight cyclists from the *SHC Cycling Team*. The intake of 625 ml of skim milk (LD) and 625 ml of whole milk (LE) was compared during tests, including ergospirometry, the Functional Threshold Power test (FTP), countermovement jump (CMJ), blood glucose and lactate measurements, and a gastrointestinal symptom rating scale. Results were analyzed using *ANOVA* and *Tukey's* test for the FTP and CMJ tests, and the *Student´s T-test* for biochemical tests. **Results:** Normalized power (226,8 ± 29,2 W), peak power (686,1 ± 185 W), and relative power (11,8 ± 3,1 W/kg) were higher with LD, but did not reach statistical significance. A difference ($p < 0,0001$) was found when comparing the final jumps with the initial jumps, regardless of the drink supplied. Biochemical analyses revealed that glucose levels increased linearly with SM ingestion over time, showing a significant rise in blood at a 90% confidence level at 15 minutes (82.4 mg/dL; $p = 0.09$). Additionally, lactate levels increased individually for each time unit ($p < 0.01$) compared to baseline values. Finally, only one cyclist experienced nausea, abdominal distension, and belching with LE ingestion. **Conclusions:** Although skimmed cow's milk did not show significant performance improvements, its physiological effects may be beneficial during prolonged exercise, as it helps maintain blood glucose levels and facilitates muscle glycogen storage, which likely delays the onset of fatigue and promotes a more efficient running economy.

Keywords: Cow's milk, cyclist, sport performance, glucose, lactate

Contenido

Pág.

Resumen **5**

Lista de figuras **9**

Lista de ilustraciones **10**

Lista de tablas **11**

1. Introducción **12**

2. Descripción del problema **15**

3. Justificación **17**

4. Objetivo general y específicos **19**
4.1 Objetivo general 19
4.2 Objetivos específicos 19

5. Marco conceptual **20**
5.1 Generalidades de la leche de vaca 20
5.1.1 Composición de la leche de vaca 20
5.1.2 Características de la leche de vaca descremada 21
5.1.3 Contraindicaciones del consumo de leche de vaca 21
5.2 Síntomas gastrointestinales 22
5.3 Carbohidratos en deportes de resistencia 24
5.4 Evaluación del rendimiento deportivo en deportes de resistencia 26
5.5 Antecedentes de la evaluación de la leche de vaca en el rendimiento deportivo 30

6. Hipótesis de la investigación **32**

7. Metodología **33**
7.1 Tipo de investigación 33
7.2 Sujetos de estudio 33
7.3 Consideraciones éticas 34
7.4 Variables 35
7.5 Técnicas y procedimientos 35
7.5.1 Protocolo de ejercicio físico 36
7.5.2 Pruebas bioquímicas y síntomas gastrointestinales 38
7.5.3 Consideraciones alimentarias 39
7.5.4 Entrenamiento gastrointestinal 40
7.6 Procesamiento de datos 42

8. Resultados **43**
8.1 Características de la población 43
8.2 Prueba de Umbral de Potencia Funcional FTP 43
8.3 Pruebas bioquímicas 47

8.4 Encuesta síntomas gastrointestinales 50
8.5 Prueba Salto Contramovimiento CMJ 51

9. Discusión de resultados 54
9.1 Prueba de Umbral de Potencia Funcional y pruebas bioquímicas 54
9.2 Síntomas gastrointestinales 58
9.3 Prueba Salto Contramovimiento 61

10. Conclusiones 64

11. Limitaciones y consideraciones finales 66

12. Propiedad intelectual 67

13. Bibliografía 68

Anexos 79
Anexo A. Consentimiento informado 79
Anexo B. Asentimiento informado 86
Anexo C. Operacionalización de las variables 88
Anexo D. Resumen de resultados estadísticos 90

Lista de figuras

Pág.

Figura 1. Selección sujetos de estudio 34
Figura 2. Boxplot Prueba FTP 20 min. 46
Figura 3. Variación de la glucosa en sangre según el tipo de bebida. 48
Figura 4. Variación del lactato en sangre según el tipo de bebida. 50
Figura 5. Presencia de síntomas gastrointestinales con ingesta de leche de vaca entera (LE). 51
Figura 6. Boxplot altura de vuelo 52

Lista de ilustraciones

Pág.

Ilustración 1. Alimentación en el día de prueba con bebida 40
Ilustración 2. Entrenamiento gastrointestinal 41
Ilustración 3. Esquema protocolo de ejercicio físico. 41

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Características antropométricas de los ciclistas. 43
Tabla 2. Características de la prueba de ergoespirometría. 43
Tabla 3. Características de la activación 1. 44
Tabla 4. Características de la activación 2. 44
Tabla 5. Características de la prueba FTP 20 min. 45
Tabla 6. Características de la glucosa en sangre según el tipo de bebida. 47
Tabla 7. Características del lactato en sangre según el tipo de bebida. 49
Tabla 8. Características de la prueba de salto contramovimiento (CMJ). 53
Tabla 10. Resultados estadísticos Tukey para la prueba FTP 90
Tabla 11. Resultados prueba t student para la glucosa en sangre 91
Tabla 12. Resultados prueba t student para el lactato en sangre 92
Tabla 13. Resultados ANOVA para la prueba CMJ 92
Tabla 14. Resultados Tukey para la prueba CMJ 93

1. Introducción

El ciclismo es un deporte que ha tomado un papel protagónico en Colombia, con un creciente número de personas interesadas en esta disciplina. Dado el alto nivel de exigencia física que implica, es esencial que los deportistas reciban un adecuado seguimiento y asesoría para optimizar su desempeño y prevenir riesgos asociados al esfuerzo. Uno de los pilares fundamentales para el rendimiento de un ciclista es la alimentación ya que, a través de una nutrición adecuada, se garantiza el suministro de energía, la recuperación muscular y el equilibrio metabólico necesario para afrontar las demandas del entrenamiento y la competencia.

El rendimiento deportivo de un ciclista puede ser evaluado mediante pruebas de capacidad aeróbica como la ergoespirometría, siendo ésta considerada una de las pruebas más importantes porque permite conocer la funcionalidad de los sistemas del organismo, involucrados en el transporte de oxígeno (Fajardo-López & Moscoso-Alvarado, 2013). Por lo anterior, es un método usado para evaluar la resistencia en deportes de larga duración, como lo es el ciclismo. Por otro lado, también se pueden realizar otras pruebas neuromusculares como la Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP), la cual evalúa la máxima potencia que puede tener un ciclista antes de llegar a la fatiga (Borszcz et al., 2018) y la prueba de salto contramovimiento (CMJ) que es usada para monitorear la función y la fatiga neuromuscular, así como también, la fuerza y la potencia muscular de un deportista (De Campos et al., 2019).

La evidencia científica respalda que un estado óptimo de salud y una adecuada reserva de nutrientes son esenciales para que un deportista pueda afrontar una competencia y su posterior recuperación de manera eficiente. Dentro de estos nutrientes, los carbohidratos juegan un papel clave puesto que constituyen la fuente principal de energía en ejercicios de resistencia. Además, son fundamentales para la reposición del glucógeno hepático y

muscular, contribuyendo a un mejor rendimiento deportivo y a una recuperación más efectiva (Jeukendrup, 2011) (Aandahl et al., 2021).

En este contexto, la leche de vaca ha despertado un creciente interés en la Nutrición Deportiva debido a su accesibilidad, potenciales beneficios y concentración de carbohidratos similar a las bebidas deportivas que se encuentran en el mercado. Este alimento aporta carbohidratos en forma de lactosa, además de proteínas, lípidos, micronutrientes y agua, lo que la convierte en una opción natural viable para su consumo durante el entrenamiento o la competencia (Alcantara et al., 2019) (Berry et al., 2022). En el mercado, es posible encontrar diversas presentaciones de leche de vaca según su composición nutricional, como la leche entera, descremada y deslactosada, lo que permite su adaptación a diferentes necesidades y preferencias dietéticas. En el caso de la leche entera, todos sus nutrientes permanecen intactos, mientras que, en la leche deslactosada, la lactosa sufre una hidrólisis para ayudar a su absorción y en la leche descremada se elimina en un porcentaje su componente graso (Ministerio de Salud y Protección Social, 2006).

La leche de vaca descremada puede ser absorbida más rápido por el organismo a comparación de las otras presentaciones, debido a su bajo contenido de grasa. El contenido de grasa en un alimento puede llegar a retardar el vaciamiento gástrico y es por esta razón, que la leche descremada podría ser una opción más favorable ya que los nutrientes de este alimento pueden llegar a ser utilizados prontamente durante un ejercicio físico, principalmente su lactosa y agua (Garciá-Berger et al., 2020) (Waggener, 2008).

Hoy en día, existe un uso amplio de bebidas deportivas que prometen mejorar el rendimiento deportivo, sin embargo, no son de tan fácil acceso y pueden contener compuestos químicos que pueden afectar a largo plazo la salud de los deportistas. Es por esto, que encontrar una bebida natural que pueda tener efectos similares, a un menor costo y mayor accesibilidad, podría ser una gran opción para los ciclistas de cualquier estrato socioeconómico. No obstante, todavía falta evidencia concluyente que evalúe el efecto de la leche de vaca y de sus diferentes presentaciones, al igual que la dosis y el tiempo ideal de consumo puesto que este es un alimento que podría generar molestias gastrointestinales, siendo relevante estudiarlo más a profundidad.

En esta investigación se pretende determinar el efecto de la ingesta de leche de vaca descremada UHT, previo a un ejercicio físico, sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados, mediante pruebas de capacidad aeróbica y neuromuscular.

2. Descripción del problema

El rendimiento deportivo de un ciclista puede verse afectado por diversos factores biológicos, psicológicos, sociales y ambientales, siendo uno de los más determinantes una adecuada alimentación. Está demostrado que un deportista tiene que llegar con buenas reservas de nutrientes para poder resistir ante todo el esfuerzo físico y de estrés fisiológico que conlleva un entrenamiento o competencia (López Grueso, 2019). La literatura sugiere que los nutrientes y líquidos son esenciales para un adecuado rendimiento porque tienen funciones como la de proveer la energía necesaria durante un ejercicio físico, ayudar a la reposición de glucógeno hepático y muscular, promover la síntesis de proteínas y la recuperación muscular, mantener el volumen plasmático, entre otros (Muros et al., 2022) (Lee et al., 2008). Para deportes de resistencia, los carbohidratos han demostrado tener efectos positivos y significativos al mejorar el rendimiento de los ciclistas (Aandahl et al., 2021).

Con el objetivo de ayudar a mejorar el rendimiento de los deportistas, han surgido en el mercado diversas bebidas que aportan principalmente nutrientes como glucosa, fructosa, maltodextrinas, electrolitos y agua (Lee et al., 2008). Sin embargo, en Colombia estas bebidas presentan precios considerables que a largo plazo pueden impactar en la economía de cada deportista. Adicionalmente, estas contienen otros componentes y características tales como colorantes, saborizantes, pH bajo y acidez (Mazdeh et al., 2016) que podrían ocasionar problemas adversos para la salud de los deportistas como: reacciones alérgicas, incluso efectos cancerígenos con consumos excesivos (Silva et al., 2022), erosión del esmalte y la dentina, aumentar la hipersensibilidad dentinaria, entre otros (Erdemir et al., 2016).

Por lo anterior, se ha dirigido la atención a opciones naturales que tengan una composición de carbohidratos similar a las bebidas referidas y que pueden ser más asequibles para los

deportistas, además de tener un perfil nutricional más completo al aportar otros nutrientes de forma natural como vitaminas y minerales, y sin la adición de compuestos químicos que puedan afectar la salud. Lo que, a su vez, promovería una alimentación más saludable en los deportistas.

La leche de vaca podría ser uno de esos alimentos porque ingiriendo 625 ml de esta, se aportan carbohidratos a una concentración similar a dichas bebidas (4,8 g de lactosa por cada 100 ml). También, aporta otros nutrientes que tienen funciones necesarias para el rendimiento deportivo como agua, proteínas de alto valor biológico, lípidos, vitaminas como la A, B12, B9, B2 y minerales como calcio, sodio, potasio y fósforo (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), 2018).

La leche de vaca tiene diferentes presentaciones, siendo una de ellas la leche descremada, la cual podría ser una opción más favorable a comparación de las otras presentaciones, en ejercicios de intensidad prolongada, ya que no tiene efectos tan marcados sobre el vaciamiento gástrico, pues la grasa es conocida por retardar el mismo. Al no tener una demora en el vaciamiento gástrico, se hace más rápido la absorción y utilización de nutrientes durante el ejercicio físico (Lee et al., 2008) (Garciá-Berger et al., 2020).

A pesar de esto, todavía existe poca evidencia que evalúe los efectos de cada tipo de leche sobre el rendimiento de los deportistas o en disciplinas específicas como el ciclismo, lo que refleja la necesidad de investigar más sobre este tema.

A partir de la revisión de la literatura surge la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es el efecto de la ingesta de leche de vaca descremada UHT, previo a un ejercicio físico, sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados?

3. Justificación

La alimentación desempeña uno de los papeles más importantes para un óptimo rendimiento deportivo, pues esta va a garantizar la energía necesaria para el ejercicio físico, facilitar la recuperación y evitar lesiones o fatiga que pueden llegar a impactar el desempeño deportivo. Por esta razón, es fundamental que los deportistas cumplan con sus requerimientos nutricionales, pues los macronutrientes y micronutrientes tienen la función de proveer la energía necesaria, promover la reposición de glucógeno, promover la recuperación muscular, mantener la densidad ósea y reparar el tejido óseo, evitar desequilibrios electrolíticos, entre otros.

Actualmente, existen diversas bebidas empleadas por los deportistas con el fin de ayudar con sus requerimientos nutricionales para un entrenamiento o competencia. No obstante, presentan precios considerables y su ingesta prolongada y excesiva puede llegar a ocasionar problemas perjudiciales para la salud, debido a su contenido de compuestos químicos como saborizantes y colorantes. Por tanto, se hace necesario encontrar una opción natural, con un mejor perfil nutricional y más asequible para los deportistas. La leche de vaca es un alimento que está siendo estudiado porque puede aportar carbohidratos a una concentración similar a los productos que se encuentran en el mercado y, además, aporta otros nutrientes como proteína, agua, vitaminas y minerales. Sin embargo, todavía falta evidencia concluyente que soporte que la leche de vaca ya sea, entera, descremada o deslactosada, aumenta el rendimiento significativamente de los deportistas, en especial en el ciclismo.

Estudios como los de *Garciá-Berger et al., (2020), Alcantara et al., (2019), Rankin, Landy, et al., (2018), Rankin, Lawlor, et al., (2018), Upshaw et al., (2016) y Watson et al., (2008)*,

han investigado el efecto de la leche de vaca sobre el rendimiento y la recuperación. Los resultados encontrados en algunos de estos estudios han mostrado efectos positivos principalmente en la mejora en el tiempo hasta el agotamiento, mientras que otros resultados no son definitivos al respecto.

Es así, como determinar los efectos de la leche de vaca, específicamente la leche de vaca descremada UHT ingerida antes de un ejercicio físico, podría ayudar a ser una alternativa saludable para promover el rendimiento deportivo y que cualquier ciclista pueda adquirirla, al ser de bajo costo y de alto acceso en el mercado. Además, podría ser una alternativa no sólo para el ciclismo sino para cualquier deporte de resistencia, lo que aportaría nuevos conocimientos para la Nutrición Deportiva.

4. Objetivo general y específicos

4.1 Objetivo general

Determinar el efecto de la ingesta de leche de vaca descremada UHT previo a un ejercicio físico, sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados, durante pruebas de capacidad aeróbica y neuromuscular.

4.2 Objetivos específicos

- Identificar la relación entre la ingesta de leche de vaca descremada UHT antes de un ejercicio físico y la potencia normalizada, mediante la prueba de Umbral de Potencia Funcional.
- Comparar el efecto entre la ingesta de leche de vaca descremada UHT y leche de vaca entera UHT, evaluando la potencia producida.
- Establecer la relación entre la ingesta de leche de vaca descremada UHT y la altura de salto medida a través de la prueba de salto contramovimiento.
- Identificar los posibles efectos gastrointestinales ante el consumo de leche de vaca descremada UHT en los ciclistas altamente entrenados, durante la intervención.

5. Marco conceptual

5.1 Generalidades de la leche de vaca

5.1.1 Composición de la leche de vaca

La leche de vaca contiene gran variedad de nutrientes dependiendo de la raza del animal, del periodo de lactación y de la dieta. El principal componente de la leche es el agua y su cantidad depende de la síntesis de lactosa, encontrándose así en un 87,2%. También, contiene macronutrientes como la proteína (3,5 g/100 g de leche), resaltando la caseína y proteínas séricas como la lactoglobulina y lactoalbúmina, lípidos (3,7 g/100 g) estando en mayor proporción los triglicéridos (aproximadamente 95% del total de los lípidos) y carbohidratos como la lactosa (4,8 g/100 g) (Guetouache et al., 2014). Contiene micronutrientes como calcio, potasio, cloro, sodio, magnesio, fósforo, vitamina A, vitamina D y vitamina E (Guetouache et al., 2014).

La lactosa es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. Estos dos monosacáridos se encuentran en el citosol de las células secretoras, en donde son transportados al aparato de Golgi para sintetizar la lactosa. Esta síntesis es catalizada por la enzima lactosa sintetasa, que está compuesta a su vez, por dos proteínas: α-lactoalbúmina y una galactosiltransferasa (Portnoy & Barbano, 2021).

Cuando se ingiere leche de vaca, la lactosa es hidrolizada en el intestino delgado gracias a la acción de la enzima lactasa o también conocida como β-galactosidasa. Esta enzima está codificada por el gen de la lactasa en el cromosoma 2, de 135.787 a 135.837 Mb (Costa et al., 2019). Dependiendo de la población y la predisposición genética, la síntesis

del disacárido puede llegar a disminuir progresivamente con la edad, lo que provoca dificultades para digerir la leche, ocasionando molestias gastrointestinales (Costa et al., 2019).

5.1.2 Características de la leche de vaca descremada

Según el decreto 616 de 2006 del Ministerio de Salud y Protección Social: *"Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expenda, importe o exporte en el país",* la leche de vaca descremada debe contener entre un 0,1-0,5 %m/v de contenido graso, y una densidad a 15°C entre 1.0330 a 1.0360 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2006).

Este tipo de leche después de los cambios que ha sufrido, se observa con una menor viscosidad (dado por la pérdida de grasa) y cambios en su coloración como la presentación de un color verde ligero por la pérdida de pigmentos carotenoides. En general, este tipo de leche contiene menor contenido graso y, por ende, menor contenido de vitaminas liposolubles, pero conserva la misma cantidad de lactosa (Álvarez-Figueroa et al., 2022).

Como este tipo de leche tiene un menor contenido graso, el vaciamiento gástrico después de su consumo puede llegar a ser más rápido que si se consumiera la leche de vaca entera. Lo anterior es debido a que la estabilidad de la acidez en emulsiones de grasa es un fuerte modulador del vaciamiento gástrico y de la liberación de hormonas como la colecistoquinina y el neuropéptido Y, los cuales están también relacionados con el vaciado de emulsiones grasas y con la saciedad que estas pueden producir (Steingoetter et al., 2017). Por otro lado, la presencia de grasas una vez llegan al duodeno, va a estimular en la mucosa duodenal la secreción de la hormona enterogastrona, que va a inhibir aún más la motilidad gástrica, siempre y cuando, la inervación vagal del estómago funcione adecuadamente (Martín-Aragón, 2006).

5.1.3 Contraindicaciones del consumo de leche de vaca

La leche de vaca está contraindicada en los siguientes casos:

- **Alergia o intolerancia a las proteínas de la leche:** Las proteínas de la leche pueden ser alergénicos potenciales, ya sea la caseína o las proteínas del suero. Sin embargo, se presenta principalmente en niños menores de 3 años. Los síntomas que se pueden presentar son vomito, sibilancias, diarrea, entre otros (Haug et al., 2007).

- **Intolerancia a la lactosa:** La intolerancia a la lactosa es una condición muy común y es causada por la deficiencia de la enzima lactasa, encargada de la hidrólisis de la lactosa de la leche. Se cree que la microflora intestinal puede ser una razón que determina la cantidad de leche que es tolerada en las personas que padecen esta condición (Haug et al., 2007).

- **Galactosemia:** La galactosa es el producto de la hidrólisis de la lactosa en el intestino y ésta luego es catabolizada por una serie de enzimas que la convierten en UDP-galactosa y glucosa-1-fosfato. Algún defecto o deficiencia en dichas enzimas puede ocasionar galactosemia en las personas. Un efecto adverso es la glucosilación de proteínas y la activación del metabolismo de los polioles, lo que puede acelerar la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y aumentar la modificación química oxidativa de lípidos, ADN y proteínas en varios tejidos (Haug et al., 2007).

5.2 Síntomas gastrointestinales

La aparición de síntomas gastrointestinales inducidos por el ejercicio puede deberse a múltiples factores: fisiológicos, nutricionales, mecánicos y factores psicológicos, en donde los síntomas pueden ser flatulencia, hinchazón, diarrea, ganas de defecar, eructos, reflujo/ardor de estómago, dolor/calambres abdominales, náuseas, vómitos, pérdida de sangre fecal y diarrea con sangre (Parnell et al., 2020).

Dentro de las causas fisiológicas se atribuyen dos: reducción de la circulación del sistema digestivo y al incremento de la activación simpática, reduciendo la función gastrointestinal. Estos pueden resultar en isquemia intestinal, aumentado la permeabilidad, la traslocación

bacteriana y promoviendo la inflamación. Además, el ejercicio es capaz de disminuir la motilidad y el vaciado gástrico. De esta manera, puede existir malabsorción de nutrientes, lo que, a su vez, ocasionaría fermentación bacteriana y producción de flatulencias (Parnell et al., 2020).

Con respecto a los factores nutricionales, la selección de comida antes de un ejercicio puede ser un factor determinante en la aparición de síntomas gastrointestinales, por esto, es importante determinar las experiencias de cada deportista en cuanto a este aspecto para identificar alimentos que generen dichos síntomas e intolerancias. Por lo general, se recomienda el consumo de comidas bajas en grasa, proteínas y fibras pre-ejercicio o pre-competencia. Finalmente, se tienen factores mecánicos que incluyen el movimiento específico del deporte o factores psicológicos como estrés o ansiedad antes del ejercicio (Parnell et al., 2020).

Es por esta razón, que es muy importante un entrenamiento gastrointestinal ante cualquier comida o suplemento que se vaya a dar, para así poder evitar que los síntomas mencionados se presenten durante el ejercicio físico y que lleguen a disminuir el rendimiento del deportista. Gracias a que el tracto intestinal es altamente adaptable, se puede mejorar la disponibilidad de nutrientes durante el ejercicio, y al mismo tiempo aliviar algunos o inclusive cualquier síntoma gastrointestinal.

Para evitar estos síntomas, es recomendado un entrenamiento o adaptación gástrica con el consumo de cantidades de líquidos para extender un poco las paredes del estómago y permitir mayores cantidades de fluidos (Jeukendrup, 2017). Lo anterior, ayudaría a disminuir síntomas debido a un vaciamiento gástrico más rápido. Asimismo, para ayudar a una absorción eficaz de nutrientes como los carbohidratos, se recomienda que el aumento de estos en la dieta puede incrementar la actividad y la cantidad de los transportadores intestinales SGLT1, mejorando la capacidad de absorción de este nutriente (Jeukendrup, 2017).

Lo ideal es que el entrenamiento intestinal ayude con el aumento de la velocidad de vaciamiento gástrico, con la sensación de llenura, con la intolerancia ante altos volúmenes

de líquidos, aumentando la velocidad de absorción y disminuyendo volúmenes residuales o alto número de osmolaridad intestinal (Jeukendrup, 2017).

5.3 Carbohidratos en deportes de resistencia

Durante un ejercicio de resistencia prolongado, está establecido que los carbohidratos y las grasas son las dos principales fuentes de combustible oxidadas por el tejido muscular esquelético. La utilización de un sustrato dependerá de la intensidad y la duración del ejercicio, siendo los carbohidratos los que aportan una mayor contribución absoluta y relativa cuando la intensidad del ejercicio aumenta por encima del ~60% del VO_2 máximo (Baker et al., 2015).

Sin embargo, las fuentes de carbohidratos provenientes ya sea de la glucosa procedente del hígado, de los carbohidratos ingeridos y de las reservas de glucógeno en el músculo, son limitadas, y durante un ejercicio físico, la disponibilidad de estos en el músculo y el sistema nervioso central puede verse afectada. Por lo anterior mencionado, es importante proveer al organismo de carbohidratos exógenos adicionales para que se tenga la adecuada disponibilidad de energía para las células y para el músculo esquelético en específico (Burke et al., 2004).

También, los carbohidratos tienen un rol importante en el rendimiento deportivo, siendo un objetivo primordial, la reposición de glucógeno muscular y hepático entre sesiones de entrenamiento, eventos o en general, como parte de la recuperación (Burke et al., 2011). Además, este nutriente es una fuente externa adicional de energía cuando las reservas de glucógeno se encuentran depletadas y por esto, el consumo de carbohidratos antes y durante el ejercicio, ayuda a aumentar las reservas endógenas de glucógeno, a prevenir las concentraciones de glucosa bajas en sangre y a presentar fatiga (Lee et al., 2017).

El consumo de carbohidratos tiene beneficios para el rendimiento deportivo y por tal razón, existen recomendaciones basadas en evidencia científica que sugieren la ingesta de 1-4 g de carbohidratos/kg de peso corporal (1-4 horas previas) para ejercicios mayores de 60 minutos. En cuanto a la ingesta durante un ejercicio, la recomendación está basada en la tasa de oxidación de los carbohidratos, encontrando de esta manera, una ingesta de 30-60 g/h en ejercicios con duración de 1 – 2,5 horas, y ya para ejercicios mayores a 2,5 horas

la ingesta puede subir hasta 90 g/h (Burke et al., 2011). La tasa de oxidación de carbohidratos está limitada por la absorción intestinal de los mismos, en donde los transportadores intestinales de glucosa, SGLT1 principalmente, pueden saturarse con una ingesta de carbohidratos mayor a los 90 g/h (Jeukendrup, 2011). Finalmente, después de un ejercicio se recomienda la ingesta de 1 – 1,2 g de carbohidratos por cada kg de peso corporal (Burke et al., 2004).

Estudios se han enfocado en la importancia de las características de los carbohidratos que se deberían consumir en una comida pre ejercicio, encontrando que el consumo de carbohidratos de bajo índice glucémico tiene mayor beneficio en cuanto a la utilización de sustratos, a comparación a los de alto índice glucémico. El principal beneficio es que la hiperglucemia e hiperinsulinemia posprandiales se atenúan con la ingesta de carbohidratos con índice glucémico bajo, reduciendo de esta manera la supresión de la oxidación de ácidos grasos libres que normalmente acompaña a la alimentación con carbohidratos. Esto va a aumentar la tasa de metabolismo de las grasas durante el ejercicio posterior y, por lo tanto, el glucógeno muscular se oxida más lentamente. El resultado final va a ser un mejor mantenimiento de las concentraciones de glucosa en plasma y una disponibilidad de carbohidratos más sostenida durante ejercicios submáximos prolongados (Burke et al., 2011).

Otro de los aspectos importantes que se deben de considerar es el tipo de carbohidratos a consumir debido a que estos pueden influir en la absorción y en la tasa de disponibilidad para la síntesis de glucógeno, así como también pueden ocasionar molestias gastrointestinales (Ormsbee et al., 2014). Estos efectos pueden deberse al transporte intestinal competitivo de carbohidratos y por eso, el consumo de carbohidratos que utilicen transportadores múltiples puede llegar a ser más efectivo.

Dentro de los tipos de carbohidratos más utilizados en el ámbito deportivo se encuentran: glucosa, galactosa, fructosa, sacarosa y maltodextrina, los cuales se van a absorber a través de transportadores intestinales tales como el transportador SGLT1 dependiente de sodio, el GLUT5 y el GLUT2 (Ormsbee et al., 2014).

Por otro lado, se tiene otros tipos de carbohidratos de bajo índice glucémico como lo es la lactosa (índice glucémico de 46) (Odell & Wallis, 2021). Los monosacáridos de la lactosa (glucosa y galactosa) una vez son hidrolizados en el intestino por la enzima lactasa, son

absorbidos en el intestino a través del SGLT1 y GLUT2 para poder ser llevados hacia el hígado. Por un lado, la glucosa llega al hígado y puede ser utilizada para la síntesis de glucógeno o para su oxidación y por el otro, la galactosa en el hígado entra principalmente en la vía de Leloir, en donde el producto final de su metabolismo es la glucosa-1-fosfato, que luego estará disponible para la producción de glucosa o el almacenamiento de glucógeno (Odell & Wallis, 2021). Debido a su conversión en el hígado, la galactosa se oxida durante el ejercicio a una tasa menor del 50% de la glucosa y es por esta razón, que por sí sola no se considera como buena fuente de energía durante un ejercicio, a menos que esté combinada con glucosa para facilitar su metabolismo (Odell et al., 2020).

5.4 Evaluación del rendimiento deportivo en deportes de resistencia

El rendimiento deportivo se puede evaluar mediante distintas pruebas como las pruebas de capacidad aeróbica y neuromuscular. Estas permiten la medición ya sea de forma directa o indirecta de variables tales como el consumo de oxígeno máximo, la producción de potencia neuromuscular y la producción de lactato en sangre y de otros biomarcadores, siendo de gran relevancia en los deportes de resistencia como lo es el ciclismo.

La ergoespirometría también conocida como prueba de esfuerzo cardiopulmonar (PECP) o prueba de consumo máximo de oxígeno es un método utilizado para evaluar de una manera no invasiva, la respuesta integral de los sistemas respiratorio, cardiovascular, hematopoyético, neuropsicológico y musculoesquelético frente al ejercicio físico (Valdés Martín et al., 2016). Dicha respuesta integral dependerá de varios factores como la composición corporal, la edad, el sexo, la etnia, la temperatura y el estado físico de cada persona (Galvis-Rincón et al., 2020).

Una de las principales variables medidas en la prueba es el consumo máximo de oxígeno (VO_2 máximo), entendido como la mayor captación de oxígeno que una persona puede tener durante la realización de un ejercicio físico, a pesar de amentarse la carga de trabajo (visto gráficamente como una meseta) (Galvis-Rincón et al., 2020). El VO_2 máximo está influenciado por el gasto cardíaco, la diferencia arteriovenosa, el retorno venoso, el volumen del ejercicio, la masa de hemoglobina y la capacidad de los músculos para utilizar el oxígeno (Galvis-Rincón et al., 2020).

Además, se evalúan otras variables como:

- Ventilación minuto (VE): Es la medida de la respuesta ventilatoria al ejercicio y se mide en litros por minuto. Se determina como el producto de la frecuencia respiratoria por el volumen de aire exhalado en cada ciclo (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006).
- Frecuencia cardíaca: Número de veces en el que el corazón bombea sangre, medido en latidos por minuto (lpm) (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006).
- VCO_2: El dióxido de carbono, es medido en el gas expirado. Aumenta en forma paralela al VO_2 hasta el UV, luego lo hace en forma escalonada (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006).
- Tasa de Intercambio Respiratorio (RER): Se considera a la relación VCO_2/VO_2 y es utilizado para evaluar el nivel del esfuerzo alcanzado. Una RER por encima de 1.00 significa una activación del metabolismo glucolítico, al estar por encima del primer umbral ventilatorio (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006).
- Umbral ventilatorio (UV): Durante el ejercicio progresivo, se alcanza un requerimiento energético elevado donde se activa el metabolismo glucolítico, ocasionando un aumento progresivo de la concentración de lactato en sangre por encima de su nivel basal. Con esto, se produce un exceso de dióxido de carbono, el cual se verá reflejado en la pendiente graficada de la relación entre VCO_2/VO_2. Lo anterior, se conoce como el primer umbral ventilatorio (VT1), que se presenta en la gran mayoría de sujetos y pacientes entre el 50 - 60% del VO_2 en los individuos sedentarios y hasta el 90% en los entrenados (Mezzani, 2017) (Sociedad Castellano-Leonesa de Cardiología, 2023).

  Después de incrementar la intensidad del ejercicio por encima de dicho VT1, los bicarbonatos intracelulares ya no pueden contrarrestar adecuadamente la acidosis metabólica inducida por el ejercicio. Por lo tanto, se desarrolla un aumento de la ventilación por encima del VCO_2, ocurriendo un segundo umbral ventilatorio (VT2) o también, conocido como punto de compensación respiratoria que consecuentemente conduce a la fatiga. Este segundo umbral se puede observar cuando la pendiente en la gráfica se acentúa (Mezzani, 2017).

Contraindicaciones de la prueba de ergoespirometría

Para la realización de la prueba de ergoespirometría, se tendrán que evaluar ciertos criterios para verificar si el individuo puede realizarla o no, las contraindicaciones de esta prueba son las siguientes (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006):

- **Absolutas:** Infarto de miocardio reciente (< 3 días), angina inestable, arritmias cardíacas incontroladas, estenosis aórtica severe sintomática, insuficiencia cardíaca no estabilizada, embolia pulmonar, pericarditis o miocarditis aguda, disección aórtica, embolia o infarto pulmonar agudo, enfermedades no cardíacas agudas o graves e incapacidad física o psíquica para realizar la prueba.

- **Relativas:** Estenosis valvular moderada, anormalidades electrolíticas, hipertensión arterial severa, taquiarritmias o bradiarritmias, miocardiopatía hipertrófica, enfermedad valvular moderada y bloqueo auriculoventricular de segundo o tercer grado.

La producción de potencia neuromuscular puede ser evaluada mediante la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP) o la prueba de Salto Contramovimeinto (CMJ). La prueba FTP se define como la máxima potencia que un ciclista puede mantener en un estado casi estacionario por aproximadamente 20 min, sin sensación de fatiga (Borszcz et al., 2018). La potencia es la variable de mayor interés en esta prueba ya que mide la relación de la fuerza aplicada por el ciclista al pedalear y la cadencia de giro de las ruedas. Mediante esta prueba se evalúan diferentes tipos de potencia como: Potencia normalizada, la cual analiza los cambios de potencia en intervalos mayores de 30 segundos que sigue una relación exponencial, reflejando la potencia media que se tuvo suponiendo un pedaleo de forma constante durante la carrera (aunque haya habido periodos de descanso o de diferente pedaleo). La potencia relativa definida como la relación entre la potencia máxima y el peso del deportista. También, se evalúan otras variables importantes como: la tasa de trabajo entendida como la producción de energía total alcanzada durante toda una competencia o entrenamiento. Finalmente, el factor de Eficiencia o EF (división entre la potencia normalizada y la frecuencia cardiaca media del entrenamiento) (Vera Carrillo, 2021).

Por otro lado, la prueba de Salto Contramovimiento es usada para monitorear la función neuromuscular, las asimetrías entre miembros inferiores, la fatiga neuromuscular, la fuerza y la potencia muscular de un deportista (De Campos et al., 2019). Esta prueba analiza la capacidad de generar y absorber las fuerzas de reacción del suelo por parte de los miembros inferiores (De Campos et al., 2019) y es realizada en una plataforma de salto que puede medir diferentes variables como, por ejemplo, la altura de salto, velocidad de vuelo, tiempo de vuelo, potencia relativa, fuerza media, tasa de desarrollo de fuerza, tiempo excéntrico/tiempo concéntrico, entre otros (Claudino et al., 2017). La altura de salto es una de las variables más representativas debido a su asociación directa con el desempeño en diferentes gestos y tareas deportivas, y permite monitorear la fuerza muscular que contribuirá al desempeño general de un deportista (Anicic et al., 2023).

Otro de los aspectos importantes a medir son los biomarcadores puesto que permiten evaluar diferentes aspectos del rendimiento deportivo y la recuperación, y pueden reflejar el estrés fisiológico durante un ejercicio físico (Lee et al., 2017). Uno de ellos es la glucosa que funciona como la fuente principal de energía de las células y los niveles de glucosa en la sangre durante el ejercicio dependen del estado energético, la ingesta de alimentos, la intensidad del ejercicio y los niveles de reserva de glucógeno hepático y muscular (Lee et al., 2017). Durante ejercicios de intensidad moderada, la concentración de glucosa en sangre suele estar dentro de un rango de 4,5 – 5 mmol/L. Sin embargo, a una intensidad alta, estas concentraciones pueden incrementar debido a la acción de las catecolaminas que promueven la síntesis de glucosa adicional en el hígado por lo que se puede observar un aumento en sangre hasta los 5 – 6 mmol/L. Cuando ya el ejercicio es muy prolongado esta concentración puede disminuir por debajo de las concentraciones en reposo, una vez se encuentran depletadas las reservas de glucógeno hepático y muscular (Bird et al., 2013).

El lactato es otro de los biomarcadores comúnmente evaluados en el rendimiento porque es un indicador de esfuerzo máximo que permite relacionar unos niveles altos de este con un mayor reclutamiento de fibras de contracción rápida y con una elevación de los niveles de catecolaminas en la sangre (López-Chicharro & Fernández-Vaquero, 2006). En reposo hay producción de lactato (< 2 mmol/L) pero este valor puede incrementar con la intensidad del ejercicio (Palacios & Maroto-Sánchez, 2015). Cuando la intensidad aumenta, los niveles de lactato en sangre incrementan de forma exponencial, lo que se denomina umbral

de lactato y por lo general, ocurre cuando hay una producción de lactato de 4 mmol/L, después de este umbral la fatiga puede aparecer rápidamente (Palacios & Maroto-Sánchez, 2015).

Todas estas pruebas han sido empleadas en ciclistas debido a que aportan datos relevantes que permiten conocer y monitorear el rendimiento en esta disciplina deportiva, tal como se puede observar en los estudios de *Allen et al., (2019), Borszcz et al., (2018), Klitzke Borszcz et al., (2020), Lewis et al., (2021) y Kozlowski et al., (2021).*

5.5 Antecedentes de la evaluación de la leche de vaca en el rendimiento deportivo

En la literatura científica se pueden encontrar estudios que han evaluado el efecto de la leche de vaca sobre el rendimiento deportivo, como lo es el estudio de *Lee et al., (2008)*, donde investigaron los efectos de bebidas lácteas sobre la capacidad de ejercicio, evaluando la capacidad al consumir agua, una bebida con electrolitos y carbohidratos, leche baja en grasa y leche baja en grasa con adición de glucosa. Como conclusión, se encontró que la leche baja en grasa no afectó la capacidad del ejercicio a comparación que el agua y que la bebida con electrolitos y carbohidratos, lo que si se observó fue que los sujetos presentaron mayor sensación de llenura durante las pruebas con ingesta de la leche y, además, sí se presentó una mayor tendencia en cuanto al tiempo de duración del ejercicio, en aquellas bebidas con contenido de carbohidratos.

Ese mismo año, *Watson et al., (2008),* examinaron la eficacia de la leche descremada para restablecer la capacidad de ejercicio después de un ejercicio intermitente en el calor en 7 hombres físicamente activos. En este estudio se realizó un protocolo de deshidratación 4 horas previas para después comparar los efectos del consumo de leche descremada y una bebida comercial con carbohidratos y electrolitos. No se encontró diferencia al comparar las dos bebidas en la capacidad de ejercicio medida a través de la variable tiempo hasta el agotamiento. Sin embargo, si encontraron que la leche descremada fue más eficaz para reemplazar las pérdidas por sudor después de la deshidratación inducida por el ejercicio.

Tres años después, *Lunn et al., (2011)*, estudiaron los efectos del consumo de una leche achocolatada descremada y una bebida de solo carbohidratos, sobre marcadores cinéticos y celulares de recambio de proteínas, glucógeno muscular y rendimiento durante la

recuperación de un ejercicio de resistencia. En este se pudo observar que el consumo de la leche aumentó significativamente la síntesis de proteínas, atenuó la proteólisis corporal total y mejoró la fosforilación de F4E-BP1. Por otro lado, se encontró que la leche y la bebida con carbohidratos fueron igual de eficaces para mantener el glucógeno muscular durante el período de recuperación.

Años más tarde, en la revisión sistemática de *Alcantara et al., (2019),* se incluyeron 11 estudios que investigaron el efecto de la leche de vaca sobre la resistencia, el efecto sobre el rendimiento deportivo y sobre la recuperación de la función muscular. Los resultados mostraron, por un lado, efectos positivos de la leche de vaca sobre el rendimiento deportivo y la recuperación de la función muscular, mientras que, por el otro lado, otros estudios no encontraron ningún efecto. Por esta razón, se concluyó que no hay suficiente evidencia del efecto de la leche de vaca sobre dichas variables y que, por tanto, se necesita investigar mucho más en el tema.

Finalmente, *Garciá-Berger et al., (2020),* compararon los efectos del consumo de una bebida deportiva isotónica y leche descremada antes de una carrera, sobre la homeostasis de fluidos y el rendimiento en pruebas contrarreloj en 8 ciclistas de carretera, encontrando efectos similares con leche descremada y la bebida deportiva en todas las variables evaluadas.

Como se pudo evidenciar, el interés por investigar sobre el efecto de la leche de vaca en el rendimiento deportivo es amplio, sin embargo, no hay consenso general o conclusiones definitivas al respecto, pues algunos estudios muestran efectos positivos, pero otros no encuentran efecto alguno. Lo que sí se pudo notar de forma más concluyente es el efecto que tienen los carbohidratos sobre el rendimiento puesto que pueden llegar a mejorar dicha variable en cuanto a los tiempos de duración de las pruebas o retardar el tiempo de agotamiento.

La leche de vaca descremada contiene carbohidratos tipo disacáridos como la lactosa, por lo tanto, podría ayudar a mejorar el rendimiento después del consumo de esta. No obstante, cabe resaltar que esta información no es definitiva ya que como se pudo observar en los demás estudios y la sugerencia de algunos de ellos, es que se siga investigando mucho más sobre el efecto de la leche de vaca en deportes de resistencia.

6. Hipótesis de la investigación

Hipótesis de trabajo

La leche de vaca descremada UHT tiene mayores efectos sobre la potencia normalizada, en los ciclistas jóvenes altamente entrenados, en comparación con la ingesta de leche entera, debido a que presenta mejor biodisponibilidad.

Hipótesis estadística

La leche de vaca descremada UHT aumenta entre un 0,5% - 4,5% la potencia normalizada de los ciclistas jóvenes altamente entrenados, en comparación con la ingesta de leche de vaca entera.

7. Metodología

7.1 Tipo de investigación

Proyecto de investigación experimental, tipo ensayo doble ciego controlado, cruzado y aleatorizado, con enfoque cuantitativo para las variables de estudio.

7.2 Sujetos de estudio

Los sujetos de estudio fueron 8 ciclistas juveniles voluntarios de alto rendimiento de Cundinamarca, entre los 15 a 18 años pertenecientes al equipo *SHC Cycling Team* (muestra a conveniencia), los cuales cumplieron con los siguientes criterios:

Criterios de inclusión:

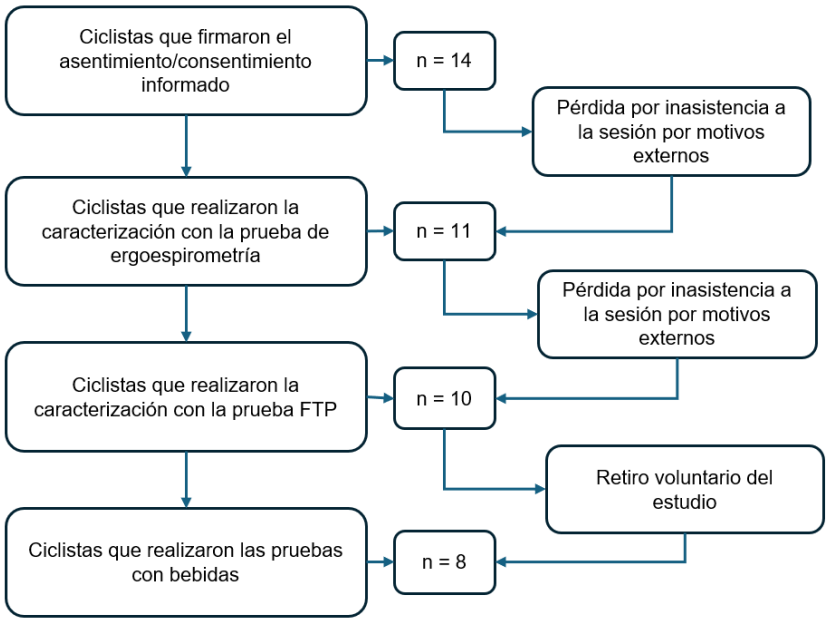
- Deportistas ciclistas hombres altamente entrenados, con al menos 2 años de experiencia deportiva, que residan en Cundinamarca.
- Con diagnóstico nutricional eutrófico, según la resolución 2465 de 2016 del Ministerio de Salud y Protección Social.
- Deportistas cuyos responsables legales firmen el consentimiento informado **(*Anexo A. Consentimiento informado)*** y que cada uno de ellos firme el asentimiento informado **(*Anexo B. Asentimiento informado)***

Criterios de exclusión:

- Deportistas que practican ciclismo de manera recreativa
- Que presenten alguna patología cardiopulmonar
- Con intolerancia a las proteínas de la leche de vaca
- Con intolerancia a la lactosa

- Que estén utilizando algún suplemento nutricional durante la investigación
- Que estén utilizando algún medicamento
- Que consuman cualquier tipo de sustancia psicoactiva durante la investigación
- Que hayan tenido cualquier tipo de lesión músculo esquelética en los últimos 2 meses

Figura 1. Selección sujetos de estudio



7.3 Consideraciones éticas

El presente trabajo fue aprobado por el comité de ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, mediante el Acta 017 del 14 de noviembre de 2024 (Versión 2).

Conforme a la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social, esta investigación se clasificó como investigación con riesgo mínimo, en donde en todo momento prevaleció la seguridad y la privacidad de los individuos. Los deportistas decidieron participar de forma voluntaria después de haber firmado el asentimiento informado y después de que sus representantes legales autorizaron su participación,

teniendo pleno conocimiento de los procedimientos, beneficios y riesgos de la investigación. Por otro lado, los datos sólo fueron manejados por los investigadores, y en ningún momento se mostraron los resultados de forma individual o con nombres propios.

Finalmente, se declara que la investigación no tuvo ningún conflicto de interés, ya sea económico o personal, ni tampoco la obtención de algún beneficio secundario.

7.4 Variables

Las variables que se utilizaron para el desarrollo de la investigación fueron las siguientes:

- **Variables dependientes:** potencia normalizada, altura de salto
- **Variables independientes:** leche de vaca descremada UHT.
- **Variables intervinientes:** consumo oxígeno máximo (VO_2 máx), frecuencia cardíaca, umbral ventilatorio, tasa de intercambio respiratorio (RER), potencia relativa, potencia máxima, frecuencia cardíaca, tiempo total prueba, leche de vaca entera UHT, factor de eficiencia, lactato en sangre, glucosa en sangre, tiempo de vuelo, velocidad de vuelo.
- **Variables intermedias:** edad, peso, talla, IMC, síntomas gastrointestinales

En el ***Anexo C. Operacionalización de las variables*** se puede encontrar la operacionalización de todas las variables empleadas en el proyecto.

7.5 Técnicas y procedimientos

Se utilizó la intervención terapéutica empleando muestras de 625 ml de leche de vaca descremada UHT y 625 ml de leche de vaca entera UHT, para dar un aporte total de 30 g de carbohidratos (4,8 g de carbohidratos por cada 100 ml de leche), tal como lo recomienda la evidencia científica sobre el consumo de carbohidratos durante un ejercicio físico de aproximadamente 1 hora (Burke et al., 2011).

Cada ciclista recibió ambos tipos de leche, teniendo un periodo de lavado de 12 días entre cada intervención, para así comparar los resultados observados en cada uno. Ni los

investigadores ni los ciclistas conocieron el tipo de leche que se estaba suministrando al momento de la prueba.

Cada participante fue sometido a una prueba de ergoespirometría. Posteriormente, se les realizó la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP), la prueba de salto contramovimiento (CMJ) en plataforma de fuerza, toma de lactato y glucosa en sangre, y encuesta de síntomas gastrointestinales adaptada de la Escala de Síntomas Gastrointestinales (GSRS) (Kulich et al., 2008).

7.5.1 Protocolo de ejercicio físico

- **Primera fase:** Como primera fase del estudio, se realizó una prueba de ergoespirometría como método para caracterizar a los sujetos de estudio, para conocer su estado fisiológico y obtener sus zonas de entrenamiento deportivo, las cuales eran necesarias para la realización de la prueba FTP. Esta prueba fue realizada en el laboratorio de fisiología de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales (UDCA) de la ciudad de Bogotá.

  Los dispositivos que se emplearon fueron los siguientes: simulador *Direto XR Interactive Power Meter* con una tecnología OTS (Sensor de Par Óptico) y una precisión de ± 1,5% (MTB Direct, n.d.); ergoespirómetro *Metalyzer 3B CORTEX,* siendo un dispositivo que incorpora un sistema de alta resolución con tecnología “respiración a respiración”, y contiene un sensor de oxígeno con larga vida útil (CORTEX, n.d.), y finalmente, las bicicletas personales de cada uno de los ciclistas.

  Durante esta prueba se realizó un protocolo de carga de trabajo constante durante períodos de trabajo de 2 minutos, basado en el protocolo de *Zuniga et al., (2013)* para evaluar la capacidad de ejercicio en etapas específicas de intensidad. Después de cada 2 minutos completados, la carga de trabajo aumentó en 30 W. La prueba fue continua y finalizó cuando el ciclista ya no pudo mantener la carga de trabajo requerida.

- **Segunda fase:** Esta fase consistió en la realización de la prueba CMJ, la prueba FTP, pruebas bioquímicas y la encuesta de síntomas gastrointestinales. Estas

pruebas fueron realizadas en el laboratorio de metodología del Instituto Municipal de Recreación y Deporte (IMRD) de Tocancipá, de la siguiente manera:

Los ciclistas visitaron el laboratorio en 3 sesiones diferentes, con semanas intermedias de descanso entre cada visita programada, donde se realizó el mismo protocolo de ejercicio. Todas las pruebas descritas a continuación, estuvieron a cargo y fueron supervisadas por un profesional en Ciencias del Deporte del IMRD:

- **Primera sesión (Prueba basal: sin consumo de bebida):** En esta visita se hicieron las pruebas sin consumo de bebida, en el siguiente orden:

1. Protocolo CMJ
2. Protocolo prueba FTP
3. Protocolo CMJ

- **Segunda y tercera sesión (con consumo de alguna de las dos bebidas)**: A cada sujeto de estudio se le entregó una de las dos bebidas de forma aleatoria, las cuales fueron previamente envasadas, codificadas y entregadas por una persona externa al estudio. En esta sesión, se realizó nuevamente y en el mismo orden las mismas pruebas de la primera sesión, incluyendo las pruebas bioquímicas y la encuesta de síntomas gastrointestinales:

    1. Protocolo CMJ
    2. Protocolo prueba FTP (con toma de pruebas bioquímicas)
    3. Protocolo CMJ
    4. Encuesta de síntomas gastrointestinales

Los protocolos para cada prueba mencionada fueron:

Protocolo salto contramovimiento (CMJ) (duración 1 min al inicio y duración 1 min al final)

Este protocolo tuvo como objetivo medir el rendimiento neuromuscular de los miembros inferiores mediante el salto contramovimiento (CMJ) y fue llevado a cabo al inicio y al final de la sesión utilizando una plataforma de salto *Axon Jump* modelo “T” de 1 x 0,80 m que empleó un cronómetro de alta resolución de 1 ms (AXON Bioingenieria Deportiva, n.d.).

Para esto, se pidió que se realizara un calentamiento con movilidad articular y sentadillas para activar la cadena extensora de la extremidad inferior. Después, se pidió que se saltara 5 veces, partiendo desde una posición erguida, con las manos en las caderas, realizando una flexión de piernas con una inclinación de 90°, para finalmente, realizar un salto vertical con una extensión de piernas. Entre cada salto hubo un intervalo de descanso de 10 segundos.

Protocolo Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP) (duración 45 min)

Con el objetivo de evaluar el rendimiento deportivo mediante las variables de estudio, se emplearon también las bicicletas personales y el simulador *Direto XR Interactive Power Meter* para llevar a cabo el siguiente protocolo, basado en el protocolo *de Gómez Álvarez et al., (2023)*:

El protocolo para la prueba FTP tuvo un periodo inicial de calentamiento (5 min) a intensidad leve (zonas 1 y 2) para luego continuar con las siguientes activaciones:

- *Activación 1:* Se dividió en tres fases, cada una de 20 segundos en zonas 3, 4 y 5, respectivamente. Luego, se dio un periodo de transición (3 min) en zona 1 para así, iniciar con la activación número 2.
- *Activación 2:* Se dividió en dos fases de 3 y 2 minutos en zonas 4 y 5 de intensidad, respectivamente. Después, siguió un periodo de 6 min de transición en zona 1 para iniciar la prueba FTP por 20 min.
- *Prueba FTP (20 min):* Durante esta se exigió mantener una intensidad alta (entre zona 4 y 5) por 20 min. Una vez transcurrido este tiempo, se dio un periodo de vuelta a la calma de 5 min a una intensidad zona 1.

7.5.2 Pruebas bioquímicas y síntomas gastrointestinales

Durante las pruebas con consumo de bebida y bajo la supervisión de un profesional en Ciencias del Deporte, se tomaron muestras de glucosa y lactato en sangre desde el lóbulo de la oreja y siguiendo todos los protocolos de desinfección y esterilidad. Se tomaron muestras inmediatamente antes de empezar la sesión y a los 5, 10, 15 y 20 min durante la prueba FTP (20 min) tanto para glucosa como para el lactato.

Para la glucosa se empleó un dispositivo *Accu Chek Active* que emplea un rango de medición de 10 mg/dL – 600 mg/dL (ACCU-CHEK, n.d.) y para el lactato, un dispositivo *EKF Lactate Scout 4* con un rango de medición de 0,5 - 25 mmol/L (EFK, n.d.).

Finalmente, para evaluar los posibles síntomas gastrointestinales presentes después del consumo de alguna de las bebidas, se llevó a cabo el cuestionario adaptado de la Escala de Síntomas Gastrointestinales (GSRS) (Kulich et al., 2008), inmediatamente después de haber finalizado la sesión.

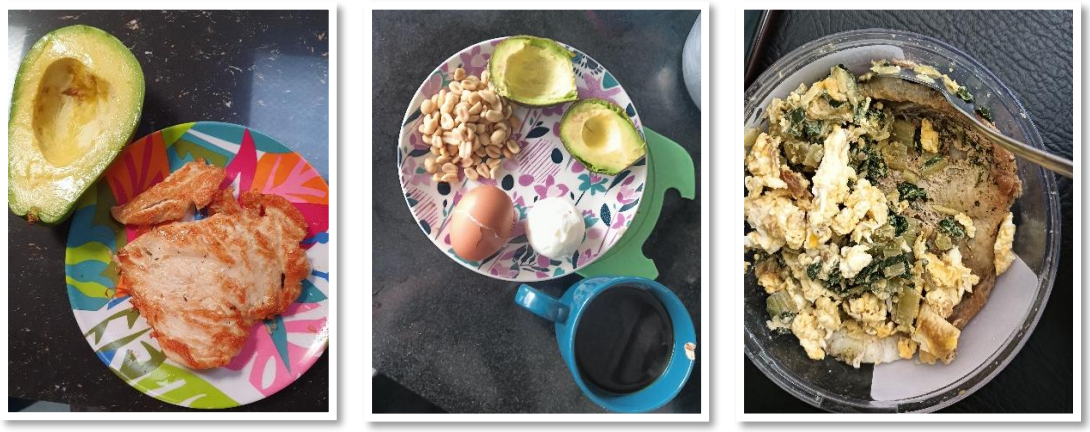
7.5.3 Consideraciones alimentarias

Para evitar posibles sesgos, se controló la ingesta alimentaria desde una semana antes de empezar con la fase experimental, verificando el consumo de carbohidratos y proteína según las recomendaciones de nutrición deportiva que sugieren una ingesta diaria de 5 – 7 g de carbohidratos/kg de peso corporal para ejercicios de intensidad moderada y 1,2 – 2,0 g de proteína/kg de peso corporal para ejercicios de resistencia (Amawi et al., 2024). Los ciclistas tuvieron un promedio de ingesta de 5,0 g de carbohidratos, 1,3 g de proteína y 1,0 g de lípidos por cada kg de peso corporal, con el objetivo de garantizar adecuadas reservas de glucógeno hepático y muscular, y promover la síntesis proteica.

En el caso de los días cuando se hizo la prueba con consumo de bebida (sesión 3 y 4), se restringió por completo dos días antes la ingesta de alimentos fuentes de lactosa y el mismo día de la prueba se solicitó tener una alimentación baja en carbohidratos (<0,5 g/kg de peso corporal), para controlar las fuentes externas de este nutriente. Todas las consideraciones alimentarias fueron verificadas mediante registro fotográfico enviado por cada ciclista antes de realizar su prueba.

Una vez terminada cada prueba, se les suministró a los deportistas un refrigerio de reposición que consistía en: leche achocolatada, banano, sándwich de jamón y queso y agua, con un aporte nutricional promedio de 73,9 g de carbohidratos (1,3 g/kg de peso corporal), 21,2 g de proteína (0,4 g/kg de peso corporal) y 1000 ml de líquidos**,** con el fin de aportar carbohidratos para lograr la reposición tanto de glucógeno hepático como muscular, promover la recuperación muscular y reponer líquidos. Lo anterior, en concordancia con las recomendaciones nutricionales post ejercicio para deportistas según la evidencia científica (Burke et al., 2004) (Amawi et al., 2024).

Ilustración 1. Alimentación en el día de prueba con bebida



Fotos suministradas por los ciclistas.

7.5.4 Entrenamiento gastrointestinal

Desde el inicio del experimental, se propuso un plan de entrenamiento gastrointestinal a cada ciclista con la finalidad de evitar posibles molestias del sistema digestivo que pudieran afectar los resultados durante las pruebas, ya sea por no estar acostumbrado a realizar un ejercicio físico después del consumo de una bebida o alimento y/o tampoco estar acostumbrado a ingerir un volumen alto de cualquier líquido.

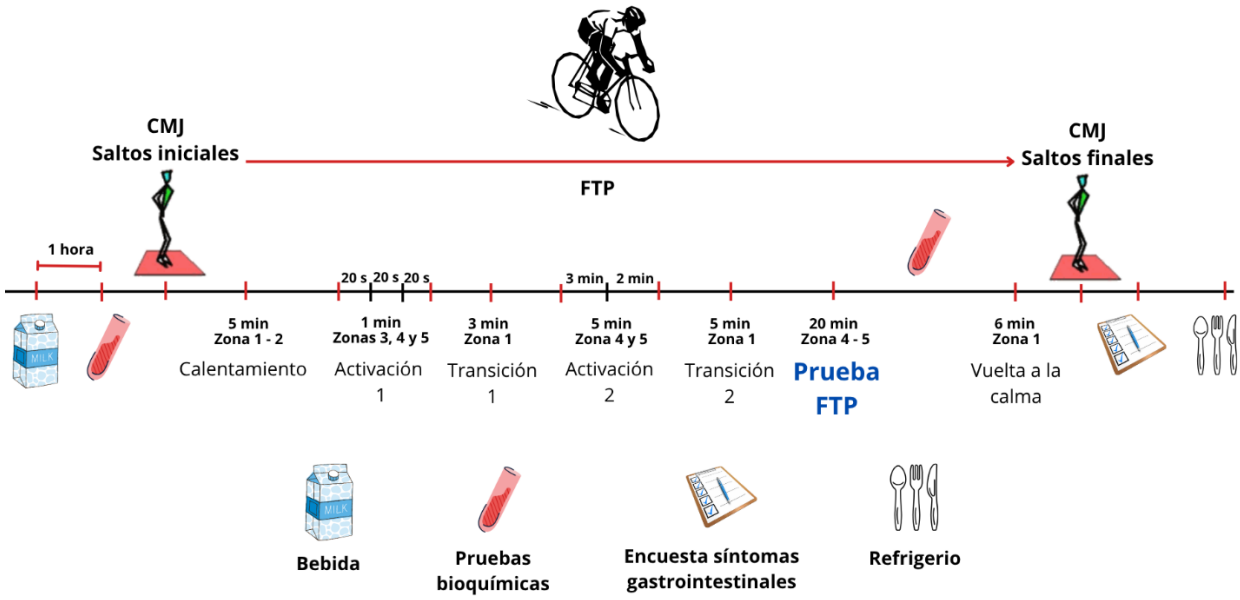
Es así, como se solicitó la ingesta de un volumen un poco mayor al de las bebidas (625 ml) antes de empezar con sus entrenamientos deportivos y preferiblemente de un líquido que tuviera un poco de densidad.

Ilustración 2. Entrenamiento gastrointestinal

Fotos suministradas por los ciclistas.

A continuación, se puede observar el esquema del protocolo de ejercicio físico para una mejor comprensión:

Ilustración 3. Esquema protocolo de ejercicio físico.



Elaboración propia

Basado en esquema de: Gómez Álvarez et al., (2023)

7.6 Procesamiento de datos

El procesamiento de datos se desarrolló en el software *R (Versión 4.4.2)* (Gentleman & Ihaka, 1993) siguiendo el flujo de procesamiento que se describe a continuación:

1. Análisis exploratorio de datos: Se calcularon las medidas de tendencia central, de dispersión y se obtuvo la distribución general de las variables mediante diagrama de cajas y bigotes, las cuales resumen las principales medidas de tendencia central.

2. Análisis inferencial: Primero se hizo una validación del supuesto estadístico de normalidad, mediante la prueba *Shapiro test.* Segundo, el supuesto de dependencia se implementó considerando que se midieron a los mismos sujetos en diferentes momentos. Tercero, para las pruebas FTP y prueba CMJ se realizó un análisis de varianza *ANOVA* considerando principalmente las variables en función de los factores (tratamientos) y no por participante, es decir, que la variable independiente del modelo de análisis fueron las bebidas y la variable dependiente cada una de las variables de estudio. Seguidamente, se hizo un análisis a posteriori (post hoc) para refinar el análisis *ANOVA* mediante la prueba de *Tukey* para encontrar las varianzas entre las medias de las diferentes variables del proyecto (Hernández Sampieri et al., 2014) (Herzog et al., 2019).

Por otro lado, para las pruebas bioquímicas se realizó la prueba *F test (Fisher Test)* para validar la igualdad de varianzas, dependiendo del resultado de esta prueba, se prosiguió a realizar la prueba *T test (t Student)* para observar diferencias de medias entre las bebidas (Herzog et al., 2019).

Para los síntomas gastrointestinales se decidió realizar tablas de contingencia para resumir eficientemente los resultados, teniendo un análisis de enfoque descriptivo, dado la baja variabilidad encontrada.

Finalmente, los resultados son expresados como **media ± desviación estándar** para todas las variables.

8. Resultados

8.1 Características de la población

Los ciclistas tuvieron una edad promedio de 16,4 ± 1,3 años y un promedio de Índice de Masa Corporal para la edad (IMC/E) de 20,4 ± 1,6, lo que según la Resolución 2465 del 2016 del Ministerio de Salud y Protección Social, tienen una clasificación de IMC/E adecuado para la edad.

Tabla 1. Características antropométricas de los ciclistas.

n	Edad (años)	Peso (kg)	Talla (m)	IMC/E
8	16,4 ± 1,3	58,6 ± 6,5	1,70 ± 0,1	20,4 ± 1,6

En cuanto a los resultados de la prueba de ergoespirometría, se encontró un promedio de consumo de oxígeno máximo de 65,3 ± 4,6 ml/min/kg, con una tasa de intercambio respiratorio promedio de 1,1 ± 0,1, un promedio de frecuencia cardíaca máxima de 192,5 ± 10,6 latidos por minuto y un umbral ventilatorio promedio de 2,3 ± 0,4 L/min.

Tabla 2. Características de la prueba de ergoespirometría.

Consumo de oxígeno máximo (ml/min/kg)	Umbral ventilatorio (L/min)	Frecuencia cardíaca máxima (lpm)	Tasa de intercambio respiratorio
65,3 ± 4,6	2,3 ± 0,4	192,5 ± 10,6	1,1 ± 0,1

8.2 Prueba de Umbral de Potencia Funcional FTP

Activación 1 (1 min)

Los resultados obtenidos para la activación 1 de duración de 1 min fueron:

Tabla 3. Características de la activación 1.

Tratamiento	Tasa de trabajo (kJ)	Potencia normalizada (W)	Potencia máxima (W)	Potencia relativa (W/kg)	Frecuencia cardíaca (lpm)	Factor de eficiencia
Sin bebida (SB)	19,9 ± 4,2	330,8 ± 76,6	487,5 ± 90,9	8,3 ± 1,1	146,8 ± 11,4	2,3 ± 0,5
Leche de vaca descremada (LD)	19,6 ± 4,1	292,3 ± 74,5	446,8 ± 79,3	7,7 ± 1,0	149,3 ± 7,6	2,0 ± 0,5
Leche de vaca entera (LE)	18,3 ± 2,8	269,8 ± 54,3	423,3 ± 76,4	7,2 ± 1,1	146,8 ± 14,4	1,9 ± 0,4

Como se evidencia en la tabla 3, las medias de todas las variables para la prueba SB, son superiores a las pruebas con bebidas (LD, LE), a excepción de la frecuencia cardíaca. Sin embargo, los resultados para la prueba de Tukey evidenciaron que no hay diferencia significativa entre los tratamientos para todas las variables ($p > 0,05$), tal como se puede observar en el ***Anexo D. Resumen de resultados.***

Activación 2 (5 min)

A continuación, se presentan los resultados encontrados para esta activación:

Tabla 4. Características de la activación 2.

Tratamiento	Tasa de trabajo (kJ)	Potencia normalizada (W)	Potencia máxima (W)	Potencia relativa (W/kg)	Frecuencia cardíaca (lpm)	Factor de eficiencia
SB	75,9 ± 13,7	254,4 ± 46,2	384,1 ± 73,7	6,6 ± 0,9	176,6 ± 6,3	1,4 ± 0,3
LD	73,3 ± 9,8	244,9 ± 38,9	385,1 ± 88,4	6,6 ± 1,2	171,9 ± 8,3	1,4 ± 0,3
LE	73,8 ± 10,4	240,6 ± 26,3	370,4 ± 62,9	6,4 ± 1,1	169,8 ± 10,5	1,4 ± 0,2

En la activación 2, se observa de igual manera una media superior para las variables tasa de trabajo (75,9 ± 13,7 kJ), potencia normalizada (254,4 ± 46,2 W) y frecuencia cardíaca (176,6 ± 6,3 lpm) en la prueba SB a comparación de las pruebas con bebida. Para la variable potencia máxima se observa una media superior para la prueba con LD (385,1 ± 88,4 W). No obstante, estos presentan valor $p > 0,05$, indicando que no hay diferencias significativas para las comparaciones SB-LD, SB-LE o LD-LE en cualquiera de las variables.

Prueba FTP (20 min)

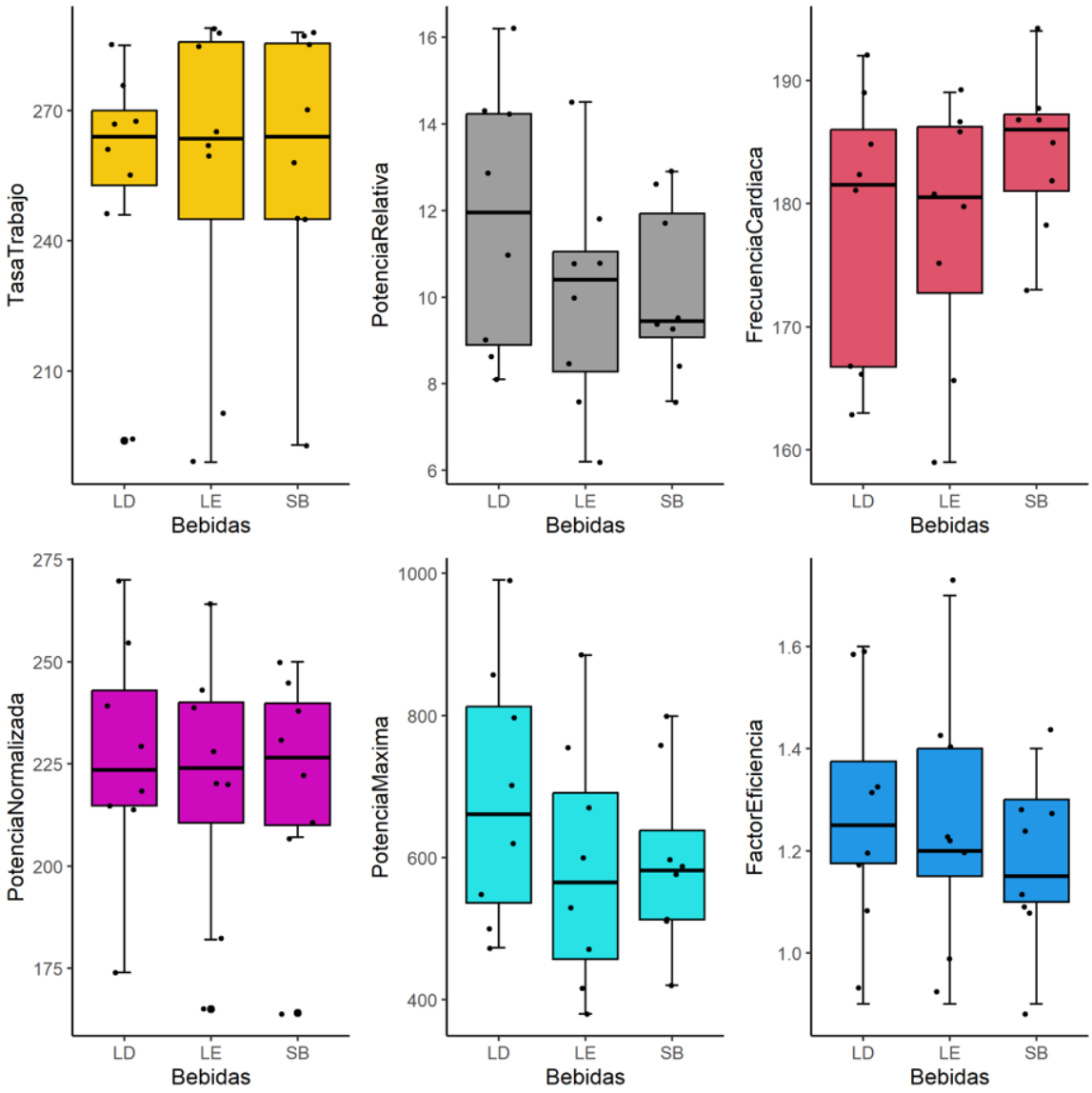
Como se puede observar en la tabla 5, la media muestral para las variables: potencia normalizada (226,8 ± 29,2 W), potencia máxima (686,1 ± 185 W) y potencia relativa (11,8 ± 3,1 W/kg) de la prueba con LD fue superior a los demás tratamientos, mientras que para las variables tasa de trabajo y frecuencia cardíaca se observa una media superior en la prueba SB (tasa de trabajo = 258,9 ± 32,0 kJ, frecuencia cardíaca = 184,3 ± 6,5 lpm). Finalmente, para la variable factor de eficiencia se observa una media superior para la prueba con LD (1,3). Al hacer la inferencia con la prueba de Tukey ***(Anexo D. Resumen de resultados)*** no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las variables y el tratamiento.

Tabla 5. Características de la prueba FTP 20 min.

Tratamiento	Tasa de trabajo (kJ)	Potencia normalizada (W)	Potencia máxima (W)	Potencia relativa (W/kg)	Frecuencia cardíaca (lpm)	Factor de eficiencia
SB	258,9 ± 32,0	221,0 ± 27,7	595,3 ± 127	10,2 ± 2,0	184,3 ± 6,5	1,2 ± 0,2
LD	256,5 ± 28,0	226,8 ± 29,2	686,1 ± 185	11,8 ± 3,1	178,1 ± 11,2	1,3 ± 0,2
LE	254,8 ± 39,1	220,1 ± 32,4	588,4 ± 174	10,0 ± 2,6	177,9 ± 10,6	1,2 ± 0,3

También, se evidencia las distribuciones de las variables en el siguiente diagrama boxplot (Figura 2), basado en los valores de la mediana para cada tratamiento (LD, LE, SB). Las variables tasa de trabajo, frecuencia cardiaca y potencia normalizada de cada tratamiento tienen disimetría negativa, es decir, que la masa de valores está concentra a la derecha de la distribución. A diferencia de las variables potencia relativa y potencia máxima cuya masa de valores está concentrada a la izquierda de la distribución. Para la variable factor de eficiencia se observa una disimetría negativa para el tratamiento sin bebida y disimetrías positivas para el tratamiento con LD y LE. En general, las distribuciones mostraron coeficientes de variación menores al 30% indicando un comportamiento medianamente homogéneo.

Figura 2. Boxplot Prueba FTP 20 min.



LD (Leche de vaca descremada), LE (Leche de vaca entera), SB (Sin bebida), TasaTrabajo (kJ), PotenciaRelativa (W/kg), FrecuenciaCardíaca (lpm), PotenciaNormalizada (W), PotenciaMáxima (W).

8.3 Pruebas bioquímicas

Glucosa en sangre:

Se tomó a cada uno de los ciclistas (n=8), 5 muestras por cada prueba con ingesta de bebida. Estas se tomaron antes de iniciar con los primeros 5 saltos CMJ (Glucosa basal GB), a los 5 minutos de inicio de la prueba FTP 20 min (Glucosa 5 min, G5), a los 10 min de la prueba FTP 20 min (Glucosa 10 min, G10), a los 15 min de la prueba FTP 20 min (Glucosa 15 min, G15) y a los 20 min de la prueba FTP 20 min (Glucosa 20 min, G20).

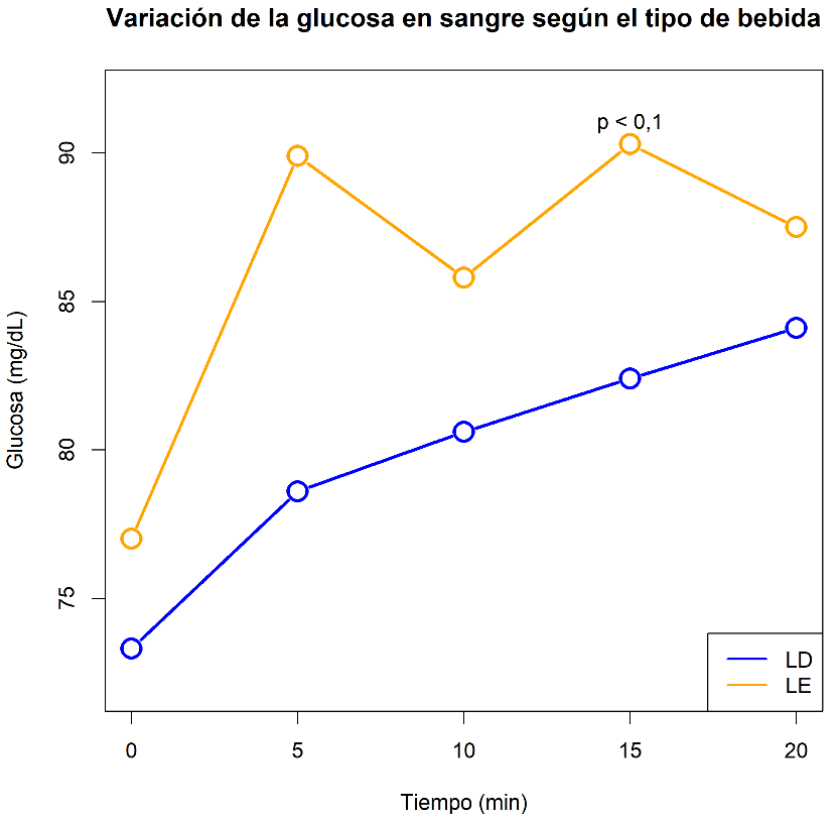
Tabla 6. Características de la glucosa en sangre según el tipo de bebida.

Bebida	Factor	n	Media (mg/dL)
LD	GB	8	73,3 ± 13,7
	G5	8	78,6 ± 14,4
	G10	8	80,6 ± 12,2
	G15	8	82,4 ± 7,1
	G20	8	84,1 ± 11,8
LE	GB	8	77,0 ± 14,0
	G5	8	89,9 ± 17,7
	G10	8	85,8 ± 15,0
	G15	8	90,2 ± 16,1 *
	G20	8	87,5 ± 16,9

* $p < 0,1$ (comparación LDG15 – LEG15)

Para la glucosa en sangre, al comparar los dos tipos de bebida (LD – LE) en cada unidad de tiempo, se encontró una media superior en la glucosa a los 15 min con la ingesta de leche de vaca entera (90,2 ± 16,1 mg/dL), a un nivel de confianza del 90% ($p = 0,087$). En los demás factores no se obtuvo diferencias significativas a ningún nivel de confianza. En conclusión, la leche de vaca entera incrementó el nivel de glucosa en sangre a los 15 minutos de la prueba FTP 20 min ($p < 0,1$) a comparación de la leche descremada ***(Anexo D. Resumen de resultados)***.

Figura 3. Variación de la glucosa en sangre según el tipo de bebida.



p < 0,1 (comparación LDG15 – LEG15)

Al analizar el comportamiento individual de cada una de las bebidas, se observa en la figura 3 que la variación promedio de la glucosa de los ciclistas con la ingesta de leche de vaca descremada (LD) tuvo un comportamiento casi lineal creciente con el tiempo, con un aumento significativo en sangre a un nivel de confianza del 90% a los 15 min (G15) (LDGB – LDG15 p = 0,09) a comparación de su valor basal (GB). En cambio, con la leche entera (LE) tuvo una fluctuación de tendencia lineal, con un aumento significativo también a un nivel de confianza del 90% a los 5 min (G5) (LEGB – LEG5 p = 0,08) a comparación de su valor basal (GB) ***(Anexo D. Resumen de resultados)***.

Lactato en sangre:

De igual manera, se tomaron 5 muestras de lactato en sangre al mismo instante en que se tomaron las muestras de glucosa: lactato basal (LB), lactato 5 min (L5), lactato 10 min (L10), lactato 15 min (L15) y lactato 20 min (L20). En la tabla 7 se muestra la estadística

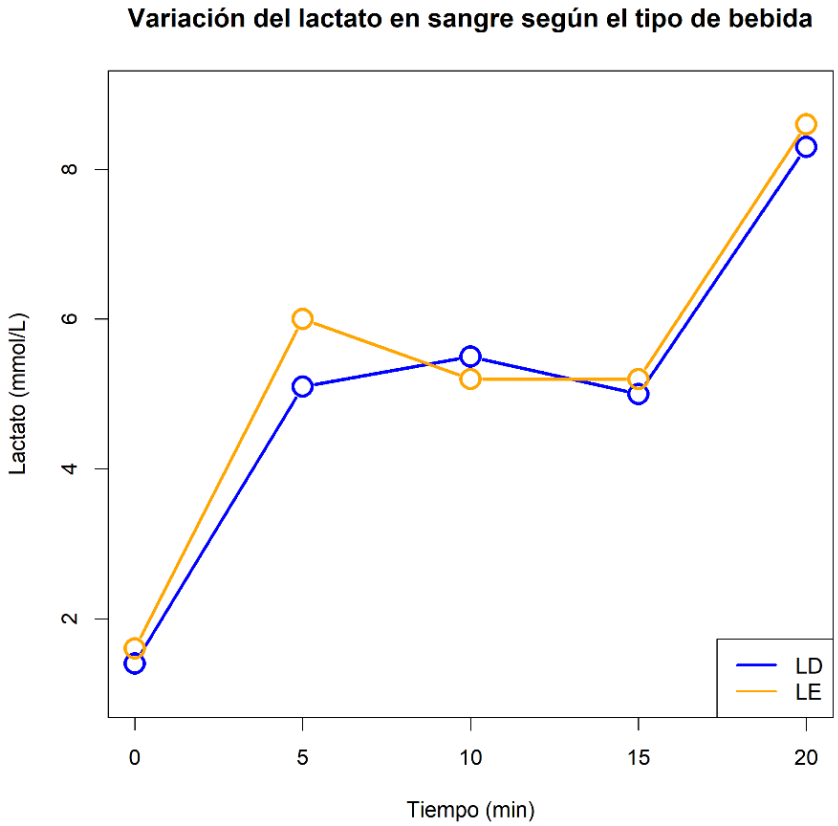
resumen de esta prueba bioquímica, en donde no hubo diferencia estadísticamente significativa al comparar los dos tipos de bebida en cada unidad de tiempo ***(Anexo D. Resumen de resultados)***.

Tabla 7. Características del lactato en sangre según el tipo de bebida.

Bebida	Factor	n	Media (mmol/L)
LD	LB	8	1,4 ± 0,3
	L5	8	5,1 ± 1,3
	L10	8	5,5 ± 2,8
	L15	8	5,0 ± 2,6
	L20	8	8,3 ± 2,8
LE	LB	8	1,6 ± 0,9
	L5	8	6,0 ± 3,5
	L10	8	5,2 ± 2,8
	L15	8	5,2 ± 2,8
	L20	8	8,6 ± 2,2

La figura 4 presenta la comparación de los promedios del lactato en sangre de los ciclistas en función del tiempo. Al analizar el comportamiento individual de cada bebida, se puede observar un comportamiento similar con cada una de ellas, evidenciando incrementos estadísticamente significativos en cada unidad de tiempo al compararlo con sus valores iniciales basales (LB). Los dos incrementos significativos más altos de lactato en sangre se obtuvieron al minuto 5 (L5) (LDLB – LDL5 $p < 0,05$; LELB – LEL5 $p < 0,01$) y al minuto 20 (L20) (LDLB – LDL20 $p < 0,001$; LELB – LEL20 $p < 0,001$) de cada bebida ***(Anexo D. Resumen de resultados)***.

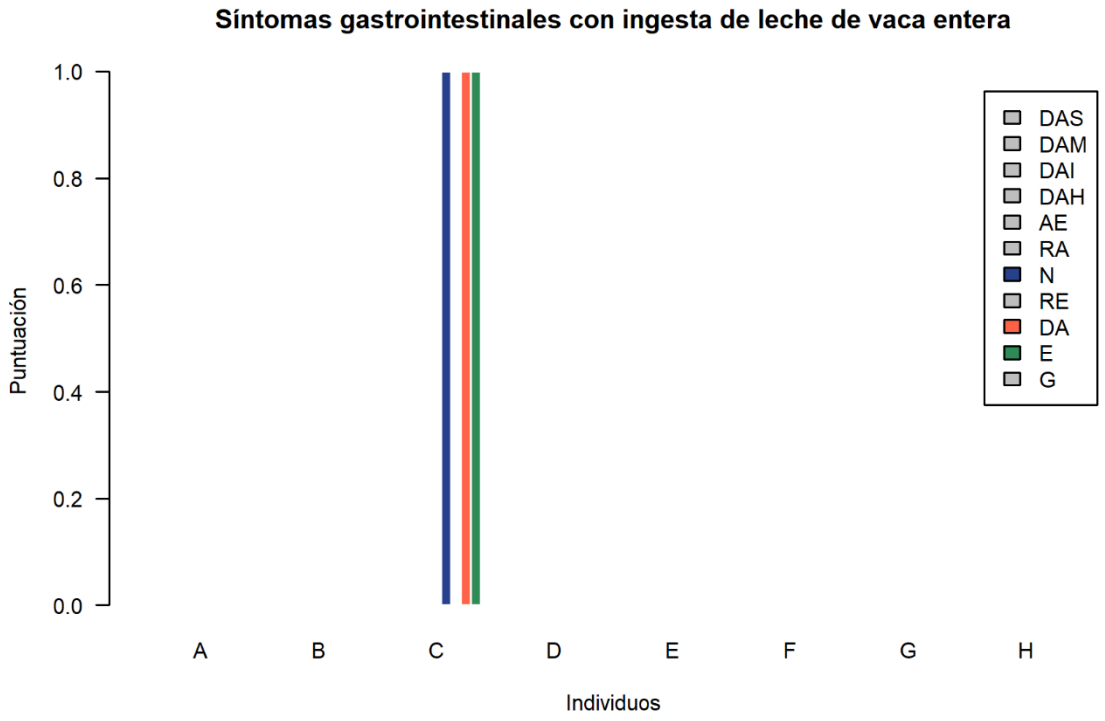
Figura 4. Variación del lactato en sangre según el tipo de bebida.



8.4 Encuesta síntomas gastrointestinales

La encuesta de síntomas gastrointestinales evaluó los siguientes 11 ítems: Dolor abdominal superior (DAS), Dolor abdominal medio (DAM), Dolor abdominal inferior (DAI), Dolor abdominal asociado al hambre (DAH), Acidez estomacal (AE), Reflujo ácido (RA), Náuseas (N), Vibraciones o ruido en el estómago (RE), Distensión abdominal (DA), Eructos (E), Gases o flatulencias (G). Cuando hubo presencia de alguno de los síntomas, se asignó la puntuación de 1 y para la ausencia de síntomas la puntuación 0.

Figura 5. Presencia de síntomas gastrointestinales con ingesta de leche de vaca entera (LE).



A-H (Individuos); 1 (presencia de síntoma); 0 (ausencia de síntoma); N(náuseas); DA (Distensión abdominal); E (Eructos)

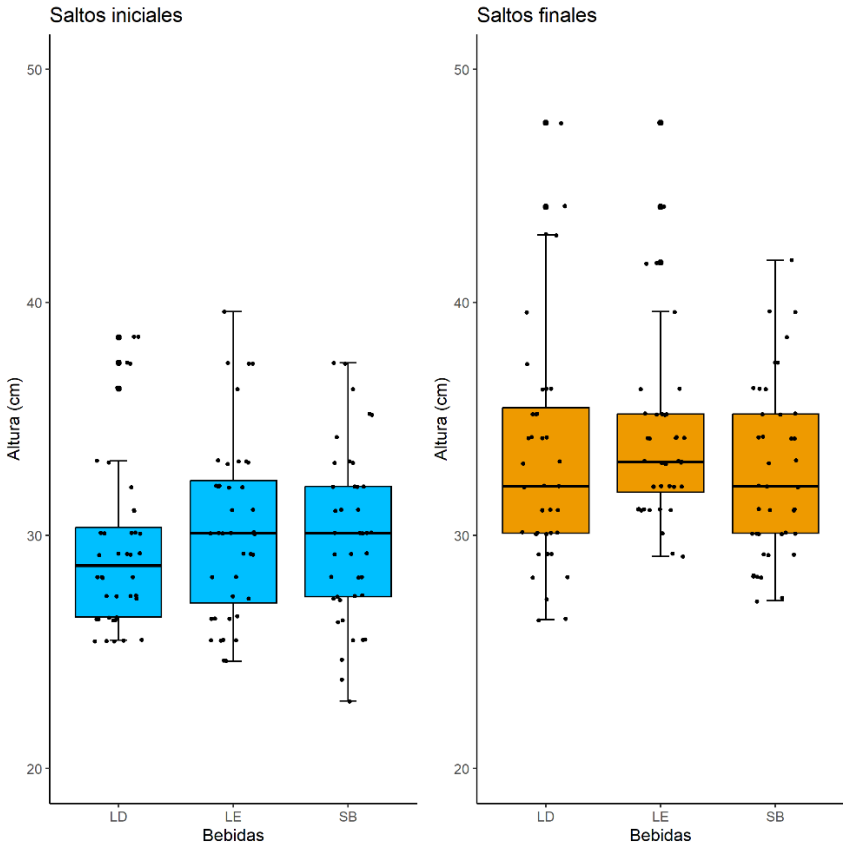
En resumen, se encontró que para la prueba con LD ninguno de los participantes experimentó alguno de los síntomas mencionados, a comparación de la prueba con LE, en donde solamente un ciclista (C) de los 8 participantes experimentó los siguientes síntomas: Náuseas (N), Distensión abdominal (DA) y Eructos (E), como se muestra en la figura 5.

8.5 Prueba Salto Contramovimiento CMJ

Al comparar los valores de los 5 saltos iniciales con los 5 saltos finales, sin tener en cuenta la bebida suministrada, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,0001$), en donde hubo una mayor altura de vuelo (cm), velocidad de vuelo (m/s) y tiempo

de vuelo (ms) en los saltos realizados al final de la sesión (después de finalizada la prueba FTP).

Figura 6. Boxplot altura de vuelo



Por otro lado, cuando se tuvo en cuenta la bebida, en general, se evidencia que la prueba con ingesta de leche de vaca entera (LE) obtuvo una media superior para las tres variables mencionadas tanto en los saltos al inicio como los saltos al final. Sin embargo, estas medias no son estadísticamente significativas, según los valores de p que se muestran a continuación: Altura de vuelo al inicio (LE-SB p = 0,882; LE-LD p = 0,610; LD-SB p = 0,885), Altura de vuelo al final (LE-SB p = 0,310; LE-LD p = 0,818; LD-SB p = 0,664), Tiempo de vuelo al inicio (LE-SB p = 0,084; LE-LD p = 0,581; LD-SB p =0,860), Tiempo de vuelo al final (LE-SB p = 0,307; LE-LD p = 0,758; LD-SB p = 0,725), Velocidad de vuelo al inicio (LE-SB p = 0,839; LE-LD p = 0,555; LD-SB p = 0,884) y Velocidad de vuelo al final (LE-SB p = 0,285; LE-LD p = 0,757; LD-SB p = 0,698) ***(Anexo D. Resumen de resultados).***

Tabla 8. Características de la prueba de salto contramovimiento (CMJ).

Variable	Tratamiento	Saltos iniciales	Saltos finales
Altura de vuelo (cm)	SB	29,9 ± 3,7	32,7 ± 3,8
	LD	29,9 ± 3,7	33,5 ± 5,2
	LE	30,3 ± 3,9	34,1 ± 3,9
Tiempo de vuelo (ms)	SB	493 ± 30,3	516 ± 29,0
	LD	490 ± 30,1	522 ± 39,0
	LE	496 ± 31,3	527 ± 29,2
Velocidad de vuelo (m/s)	SB	2,42 ± 0,15	2,53 ± 0,15
	LD	2,40 ± 0,15	2,56 ± 0,19
	LE	2,44 ± 0,15	2,58 ± 0,14

Por lo anterior, se concluye que hubo un incremento de la altura de salto, el tiempo de vuelo y velocidad de vuelo en los saltos al final de la sesión, independientemente del tipo de bebida que se suministró.

9. Discusión de resultados

9.1 Prueba de Umbral de Potencia Funcional y pruebas bioquímicas

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto de la ingesta de leche de vaca descremada UHT previo a un ejercicio físico, sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados, durante la Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP), encontrando de esta manera, que la media de las variables potencia normalizada (226,8 ± 29,2 W), potencia máxima (686,1 ± 185 W) y potencia relativa (11,8 ± 3,1 W/kg) fue superior con la LD durante los últimos 20 min a intensidad alta (prueba FTP 20 min), aunque no fue estadísticamente significativa ($p > 0,05$).

Diversos estudios han evaluado el efecto de los carbohidratos (CHO) en el rendimiento deportivo. En el estudio de *Lee et al., (2008)* en donde se evaluó la ingesta de agua (W), solución de electrolitos con carbohidratos (CE), leche con 0,1% de grasa (M) y leche con 0,1% de grasa y glucosa añadida (MC) sobre la capacidad de ejercicio de 8 ciclistas, se encontró que ninguna de las bebidas suministradas afectó la capacidad de ejercicio ($p = 0,19$) o la frecuencia cardíaca ($p = 0,44$) pero si mostró una tendencia de los sujetos a hacer ejercicio durante más tiempo en la solución de CE, M y MC en comparación con agua. De igual manera, *Aandahl et al., (2021)* tampoco encontraron diferencias significativas sobre la economía de trabajo ($p > 0,087$) al comparar la ingesta pre-ejercicio de una comida alta en CHO vs una comida baja en CHO y vs en estado de ayuno, pero si

una diferencia significativa en el tiempo hasta el agotamiento, siendo este mayor con el consumo de la comida alta en CHO, en un 8,0% comparado con un estado de ayuno (p = 0,009) y en 7,2% comparado con el consumo de una comida baja en CHO (p = 0,010).

Por el contrario, *Haakonssen et al., (2014)* no encontraron diferencias significativas (p = 0,19) en la potencia máxima media al comparar la ingesta pre-ejercicio de una comida rica en lácteos con una comida control en 32 ciclistas femeninas. Asimismo, *Febbraio et al., (2000),* evaluaron a 8 ciclistas entrenados durante 180 min después de ingerir una comida con un índice glucémico alto, un índice glucémico bajo o placebo, suministrados 30 minutos antes del ejercicio, encontrando que no hubo efecto sobre el rendimiento deportivo, a pesar de observar diferencias en la oxidación de los carbohidratos de las comidas y el índice glucémico de estas. Los autores midieron el efecto en el rendimiento mediante la variable tasa de trabajo, aunque no incluyeron un protocolo de ejercicio con tiempo hasta el agotamiento.

Existen diferencias entre los estudios referenciados y este; que pudieron llevar a la obtención de resultados distintos, como lo son: el protocolo de ejercicio empleado sin un tiempo de duración límite o de más de 60 min, la forma y cantidad de carbohidratos suministrados; en cuyos estudios fue principalmente mediante comidas sólidas y con un aporte mayor a 50 g, además de suministrarlos antes y durante el ejercicio como ocurrió en el estudio de *Lee et al., (2008)*. Todas estas variables pueden influir considerablemente en el efecto de los carbohidratos. Probablemente, la cantidad de carbohidratos, el tiempo del protocolo de ejercicio o las características individuales de los ciclistas pudieron haber influido en que no se obtuviera un efecto tan marcado para alcanzar el poder estadístico en las variables evaluadas. Por lo anterior, se requiere continuar investigando los efectos de la leche descremada en ciclistas altamente entrenados, considerando que estos deportistas pueden presentar adaptaciones musculares, como un mayor contenido de GLUT-4 y mayor sensibilidad a la insulina que pueden favorecer la captación de la glucosa exógena (Jeukendrup & Jentjens, 2000). Además, la evidencia sugiere que la leche descremada podría absorberse más rápidamente debido a su menor efecto en retardar el vaciamiento gástrico. Un estudio publicado en el *Journal of the International Society of Sports Nutrition* encontró que el consumo de leche descremada antes del ejercicio no afectó negativamente el rendimiento en ciclistas, indicando una absorción eficiente de nutrientes (Garciá-Berger et al., 2020). Por lo tanto, con un aporte mayor de carbohidratos,

posiblemente se podrían observar efectos más significativos en el rendimiento y la recuperación.

A pesar de no encontrar resultados que alcanzaran la significancia estadística, sí se pudo observar un efecto fisiológico tras la ingesta de LD durante los últimos 20 min (Prueba FTP 20 min), en las variables mencionadas anteriormente, siendo este superior en ~2,5 – 3,0% para la potencia normalizada, ~13,2 – 14,3% para la potencia máxima y en ~13,4 – 15,3% para la potencia relativa, a comparación a la prueba SB y con LE. La potencia es una variable clave ya que refleja tanto las capacidades neuromusculares como las metabólicas del deportista (Douglas et al., 2021), y permite evaluar de una manera objetiva el rendimiento. Lograr un aumento en la potencia podría traducirse en una mayor capacidad para mantener velocidades elevadas, mejorar los tiempos de carrera y optimizar el desempeño en competencias o disciplinas donde esta variable es determinante, como en los sprints, contrarreloj, en el ciclismo de montaña, entre otras (Douglas et al., 2021). En este sentido, cualquier intervención que favorezca un incremento en la potencia podría representar una ventaja competitiva significativa y aumentar las posibilidades de alcanzar logros deportivos importantes.

El mayor efecto se registró en la potencia máxima con los valores máximos encontrados en el último minuto de la prueba. Este hallazgo coincide con lo encontrado por *Clark et al., (2019)*, quiénes evaluaron la relación potencia-duración, estimados como la potencia final de la prueba (EP) y el trabajo realizado por encima de EP (WEP) en 16 deportistas incluyendo en el grupo 6 ciclistas, los cuales consumieron una bebida placebo y un suplemento con CHO (60 g/h de CHO (maltodextrina y fructosa)). En comparación con el placebo, el consumo de CHO evitó la reducción de EP después de dos horas de ejercicio de alta intensidad (254 ± 49 W), sin embargo, no tuvo efecto sobre WEP (13,5 ± 3,4 kJ). Estos resultados indican que la EP es una variable sensible a la disponibilidad de CHO, lo que resalta la importancia de esta fuente energética para mantener el rendimiento en esfuerzos prolongados e intensos.

Las dos bebidas suministradas no presentaban diferencias en cuanto a la cantidad total de lactosa (30 g/625 ml de bebida) ni la forma de presentación de este carbohidrato. No obstante, se identificó una única diferencia significativa entre ambas: a los 15 min tras la ingesta de leche entera (LE) se registró un valor de glucemia de 90,2 mg/dL ($p = 0,087$), a

un nivel de confianza del 90%. Este hallazgo resulta llamativo, ya que se esperaba que la leche descremada (LD), al no contener su componente graso, generara un aumento más rápido de la glucosa en sangre a comparación con la LE, debido a una más rápida absorción. Esta expectativa se basa en estudio previos como los de Cunningham & Read, (1989)*, Frost et al., (2003), Lodefalk et al., (2008) y Bell et al., (2020)* quienes han evaluado el efecto de alimentos con alto contenido graso sobre la respuesta glucémica.

Cabe destacar que ambas bebidas fueron suministradas una hora antes del inicio de la prueba, y que la alimentación previa a su ingesta fue similar entre los participantes, lo cual sugiere que estos factores no influyeron significativamente en el resultado observado. Por tanto, se hace necesario realizar estudios adicionales que comparen de manera controlada los efectos de la leche entera y la leche descremada sobre la respuesta glucémica y su impacto fisiológico durante el ejercicio intenso. Este estudio, por sí solo, no permite establecer una causa precisa para la diferencia encontrada, puesto que no se incluyeron mediciones de otros biomarcadores clave —como hormonas o trazadores de glucosa— que pudieran explicar con mayor detalle los procesos metabólicos implicados, tales como la producción endógena de glucosa, entre otros.

Al analizar los niveles de glucosa en sangre de forma individual con cada bebida, se observó una tendencia al incremento, con un comportamiento lineal en el caso de la leche descremada (LD). Con esta bebida, se registró un aumento significativo en la glucemia a los 15 minutos (G15) en comparación con el valor basal (GB), a un nivel de confianza del 90% (LDGB – LDG15, $p = 0,09$). Por otro lado, con la leche entera (LE), aunque también se evidenció una tendencia al alza, esta fue menos consistente, observándose una fluctuación que presentó un aumento significativo a los 5 minutos (G5) respecto al valor basal (LEGB – LEG5, $p = 0,08$), también con un nivel de confianza del 90%.

El comportamiento lineal observado con la LD podría tener implicaciones fisiológicas relevantes durante el ejercicio, al favorecer una mayor estabilidad en los niveles de glucosa en sangre y, por ende, una mejor disponibilidad energética, especialmente cuando las reservas de glucógeno se ven comprometidas por el esfuerzo prolongado. La suplementación con carbohidratos como glucosa y galactosa ha demostrado ser eficaz en el mantenimiento de la glucemia en deportistas entrenados, como lo reportan también los estudios de *Dumke et al., (2007) y Stannard et al., (2009).*

En cuanto a los niveles de lactato en sangre, estos actúan como un marcador indirecto de los procesos metabólicos, especialmente de la actividad de la vía glucolítica anaeróbica. Constituyen un indicador útil para evaluar la capacidad del músculo de ajustar la oferta energética a la demanda celular, y están asociados con la aparición de fatiga muscular (Allen et al., 2019). En este estudio, no se encontraron diferencias significativas entre las bebidas respecto a los niveles de lactato, sin embargo, al analizar cada bebida de manera individual, se evidenció un incremento estadísticamente significativo ($p < 0,05$) de este biomarcador en cada uno de los tiempos evaluados, en comparación con sus valores basales.

El incremento de lactato en sangre es sensible a los cambios en intensidad y duración de un ejercicio físico. Durante el ejercicio, la cantidad de lactato producido por el metabolismo aumenta y a mayor intensidad, la producción de este supera la capacidad del cuerpo para eliminarlo, por lo que se acumula en la sangre (Adeva-Andany et al., 2014). Estudios han mostrado la relación del incremento de lactato en plasma con la intensidad del ejercicio (Rønnestad & Hansen, 2016), mostrando niveles altos de lactato en sangre con correlaciones significativas entre los cambios en la producción de potencia máxima y este biomarcador (Gorostiaga et al., 2014). En este estudio, el pico máximo de lactato en sangre ocurrió a los últimos 20 minutos de la prueba (Prueba FTP 20 min) en cada bebida (LDL20 = 8,31 ± 2,8 mmol/L; LEL20 = 8,61 ± 2,2 mmol/L) y en este mismo tiempo se observaron de igual forma los valores máximos de potencia que pueden ser los responsables de este resultado de lactato. Adicionalmente, se ha observado que a altas intensidades hay mayor estimulación de hormonas adrenérgicas que pueden a su vez, estimular la producción de lactato durante un ejercicio, siendo esta respuesta mayor en personas altamente entrenadas (Simões et al., 1999) (Nakamura et al., 2020). Lo que también podría explicar el incremento de lactato en sangre en los ciclistas durante cada bebida.

9.2 Síntomas gastrointestinales

Otro de los objetivos de este estudio era identificar los posibles efectos gastrointestinales ante el consumo de LD y LE, encontrando que solamente un ciclista experimentó: náuseas (N), distensión abdominal (DA) y eructos (E), tras la ingesta de leche de vaca entera. La presencia de síntomas por ingerir leche de vaca también es posible evidenciarla en

estudios como, por ejemplo, en el de *Lee et al., (2008)* se observó la presencia de síntomas como sensación de llenura después de ingerir leche de vaca y leche de vaca con carbohidratos (p = 0,014) en 8 ciclistas que no tenían intolerancia a la lactosa. Igualmente, en el estudio de *Watson et al., (2008)* se identificó mayor sensación de llenura tras la ingesta de leche descremada (p = 0,033) en 7 hombres físicamente activos quienes consumieron este alimento 30 minutos después de un protocolo de períodos de 10 minutos de ejercicio en bicicleta.

La leche de vaca es un alimento que puede generar síntomas gastrointestinales debido principalmente a su contenido de lactosa, proteínas y grasa (Heyman, 2006) (van Eijnatten et al., 2024). Sin embargo, en este estudio ninguno de los participantes presentaba intolerancia a la lactosa y todos incluían regularmente dentro de sus hábitos alimentarios la ingesta de este alimento, tal como se observó en el seguimiento mediante registro fotográfico de su alimentación. Sumado a lo anterior, el entrenamiento gastrointestinal realizado semanas previas a que los ciclistas ingirieran las bebidas, pudo haber generado una adaptación al volumen que se iba a suministrar, al igual que una adaptación a la sensación de llenura. Todo esto puede explicar por qué en este estudio se manifestó una muy baja presencia de síntomas a diferencia de los estudios previamente mencionados que observaron síntomas incluso en personas sin intolerancia a la lactosa.

Jeukendrup, (2017) manifiesta que un entrenamiento del estómago puede ayudar a que este se expanda, pueda recibir más alimentos y de esta formar lograr una mayor tolerancia a la sensación de llenura gástrica. Además, menciona que un método de entrenamiento es que el deportista realice su actividad deportiva con volumen de líquidos grandes o inmediatamente después de una comida. También, *Ter Steege et al., (2008)* afirmaron que el riesgo de presenciar síntomas aumenta en deportistas que nunca han comido o bebido durante un entrenamiento. Esto concuerda con lo realizado en este estudio, como se mencionó en la metodología, dos semanas antes de la prueba se les pidió a los ciclistas que realizaran entrenamiento gastrointestinal, ingiriendo líquidos con un volumen igual o superior a los 625 ml que iban a consumir y que los ingirieran antes de realizar sus entrenamientos deportivos habituales.

El entrenamiento gastrointestinal ha sido de igual forma evaluado con alimentos en otros estudios: *Costa et al., (2017)* investigó el impacto de un protocolo de entrenamiento intestinal durante 2 semanas, la disponibilidad de glucosa en sangre, la cinética del

combustible y el rendimiento en carrera en 25 deportistas de resistencia. Se encontró que los deportistas que consumieron un gel de carbohidratos (CHO-S) y alimentos con carbohidratos (CHO-F) durante dos semanas, redujeron los síntomas intestinales en un 60% para CHO-S ($p = 0,008$) y para CHO-F en un 63% ($p = 0,046$), siendo estas reducciones mayores a los que consumieron un placebo ($p < 0,05$), a comparación a los síntomas presentados en la prueba realizada antes de empezar con dicho entrenamiento intestinal. Igualmente, *Miall et al., (2018)* reportaron resultados similares en 18 corredores de resistencia quienes realizaron un entrenamiento gastrointestinal con carbohidratos (CHO, 90 g CHO/hr) y un placebo (PLA, 0 g CHO/hr). Esto lo consumieron durante un ejercicio de 1 hora al 60% del VO_2max diariamente durante un período de dos semanas. Después del entrenamiento gastrointestinal, se observó una reducción de las molestias intestinales ($p = 0,012$), los síntomas totales ($p = 0,009$), síntomas gastrointestinales superiores ($p = 0,015$) e inferiores ($p = 0,008$), y las náuseas ($p = 0,05$) en CHO, pero no en PLA.

Al comparar los dos tipos de bebida, la presencia de síntomas solo se presentó tras la ingesta de leche de vaca entera y teniendo en cuenta que las dos bebidas solo diferían entre sí en su contenido de grasa, el componente graso si pudo haber influido en este hallazgo, ya que la grasa es conocida por ralentizar el vaciamiento gástrico (Steingoetter et al., 2017) y, por tanto, podría aumentar el riesgo de presentar síntomas gastrointestinales (Vijayvargiya et al., 2019).

Huppertz & Chia, (2021), mencionan en su estudio que la hidrolización de las proteínas presentes en la membrana del glóbulo de grasa de la leche que es realizada por la pepsina, ocasiona una reducción de la estabilidad coloidal de dicho glóbulo y, por consiguiente, es más susceptible a su coagulación. Provocando de esta manera, la formación de una crema que retarda el vaciamiento gástrico. Es importante mencionar que el vaciamiento gástrico puede diferir entre cada persona, tal como lo demostró *van Eijnatten et al., (2024)* reportando en su estudio la presencia de síntomas como dolor, distensión, náuseas y disconfort gastrointestinal con valores de $p < 0,001$ al ingerir 250 ml de leche de vaca entera, especificando que estos síntomas dependieron de los cambios del pH gástrico y de la concentración de la pepsina en el estómago que llevó a la coagulación de las proteínas de la membrana del glóbulo de grasa de la leche. Es así, como la hidrolización

de dichas proteínas podría causar síntomas gastrointestinales y depende, de la concentración de pepsina que tenga cada individuo.

9.3 Prueba Salto Contramovimiento

Este estudio es uno de los primeros en Colombia en investigar el efecto de una bebida en el rendimiento neuromuscular mediante la Prueba de Salto Contramovimiento (CMJ) en ciclistas, al ser esta prueba una medida integrada del rendimiento de fuerza y potencia. Los resultados encontrados mostraron que hubo un incremento de la altura de salto, el tiempo de vuelo y velocidad de vuelo ($p < 0,0001$) cuando los saltos se realizaron al final de la sesión del protocolo de ejercicio físico, pero estos no dependieron de la bebida suministrada ya que no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$) al comparar el efecto entre la ingesta de LD y LE en las variables mencionadas.

La familiarización a los saltos verticales podría influir en el rendimiento puesto que: podría generar que el sujeto adopte una estrategia de ritmo que aumente la fiabilidad en las tareas repetidas del salto CMJ (Cormack et al., 2008) y podría ayudar a la adquisición de una mejor técnica que lleve a una mayor flexión plantar del tobillo (McErlain-Naylor et al., 2014) (Panoutsakopoulos & Bassa, 2023). Por ejemplo, en el estudio de *Menzel et al., (2015)* que tuvo como objetivo la verificación de la familiarización basado en criterios como el Coeficiente de Correlación Intraclase (ICC) y el Error Estándar de Medición (SEM) y la identificación de posibles diferencias de rendimiento y variables dinámicas en dos posiciones diferentes de sentadilla inicial a 90º y 120º de rodilla, se concluyó que una familiarización que constaba de tres series de 5 saltos para cada posición de sentadilla con 1 minuto de descanso entre los saltos y tres minutos entre las series, fue suficiente para asegurar las condiciones de prueba adecuadas para el experimento realizado un día después, teniendo en cuenta los resultados en el SEM.

Por el contrario, algunos autores como *Moir et al., (2005)* y *Nibali et al., (2015)* han demostrado en sus estudios que no es necesaria una familiarización de los saltos, ya que no observaron diferencias significativas en las variables de rendimiento del salto vertical. En dichos estudios, los sujetos que evaluaron practicaban deportes (basquetbol, fútbol americano, atletismo, rugby, fútbol, voleibol) que requieren la realización de saltos y, por esta razón, podrían ya tener las habilidades motoras requeridas para esta prueba. A diferencia de lo anterior, los ciclistas de este estudio no tenían incorporado el salto como

gesto deportivo habitual y podría ser esto el motivo por el cual, si fue de gran ayuda la familiarización del salto CMJ que pudo ocurrir en los 5 saltos del inicio y pudo conllevar a la obtención de una mejor altura, velocidad y tiempo de vuelo en los 5 saltos realizados al final de la sesión.

Algunos estudios como los de *Lepers et al., (2000)* y *Lepers et al., (2002)* han encontrado una disminución de la capacidad muscular de las piernas después de un ejercicio prolongado de ciclismo (mayor a 1 hora) debido a una reducción de la entrada neuronal a los músculos y a una falla de los mecanismos contráctiles periféricos que ocasionan una disminución en la altura de salto. Esto es opuesto a lo observado en este estudio y puede deberse a diferencias en el protocolo y duración del ejercicio que provocaron niveles de fatiga diferentes, puesto que la prueba FTP tuvo un tiempo total de duración menor a 1 hora.

Los resultados aquí encontrados están más relacionados a los obtenidos por *González-Mohíno et al., (2022)* que indican que la combinación de ciclismo y actividad pliométrica aumenta agudamente la altura de salto en el CMJ en hombres recreativamente activos entre 1 min y 9 min después del estímulo y pueden ser debido al aumento en la sensibilidad al calcio del complejo actina-miosina ocurrido en las fibras musculares de tipo II y a cambios en la temperatura muscular, en el contenido de agua muscular/celular y a la activación muscular (González-Mohíno et al., 2022). Dichas causas ocasionan lo que se denomina mejora del rendimiento posterior a la activación (PAPE) y son generadas después de una contracción voluntaria de alta intensidad (McCann & Flanagan, 2010) (Sperlich et al., 2019).

La realización de la prueba FTP pudo haber provocado dichas causas que resultaron en la mejora en el rendimiento del CMJ al ser una prueba que exigió una contracción intensa de las fibras musculares concretamente durante los últimos segundos donde se evidenció los valores máximos de potencia. Esto independientemente de la bebida suministrada pues la potencia máxima no tuvo una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos y puede ser por eso, que no se observa tampoco diferencia en el rendimiento del salto vertical al comparar las bebidas. Sin embargo, es importante investigar más el efecto del ciclismo por sí solo en la aparición del PAPE pues la mayoría de los estudios están enfocados en investigar el efecto después de un ejercicio de fuerza o la combinación

de un calentamiento de fuerza con ciclismo como los de Mitchell & Sale, (2011)*, Maroto-Izquierdo et al., (2020)* y *Jones et al., (2022*).

Por otro lado, la leche de vaca ha sido investigada como posible ayuda ergogénica en la recuperación observada mediante la prueba CMJ, debido a que, por sus componentes, puede proporcionar aminoácidos aumentando la disponibilidad de estos y la síntesis neta de proteína muscular (Rankin, Lawlor, et al., 2018). No obstante, algunos autores no han encontrado diferencias significativas en el rendimiento del salto CMJ con la ingesta de leche de vaca ($p > 0,05$) como *Cockburn et al., (2013*), *Rankin, Landy, et al., (2018)* y *Rankin, Lawlor, et al., (2018*).

Kirk et al., (2017) sí reportó un efecto en 21 jugadores de deportes de equipo, específicamente en la altura de salto en los tratamientos con leche A2 semi descremada (sin proteína A1) y leche regular en comparación con placebo ($p = 0,041$). En relación con el valor inicial, las disminuciones en la altura del CMJ a las 48 h se minimizaron en A2 (en un 1,6 ± 3,2 %) y en leche regular (en un 2,5 ± 2,6 %) frente al placebo (en un 8,8 ± 4,4 %). Es importante mencionar que los estudios relacionados anteriormente presentan una diferencia en cuanto al tiempo de realización de la prueba CMJ después del protocolo de ejercicio empleado, correspondiendo esta diferencia a un tiempo mayor a 24 horas ya que sus objetivos principales van enfocados hacia la recuperación. Por lo anterior, se requiere mayor investigación del efecto de la leche de vaca en el rendimiento del CMJ inmediatamente después de un ejercicio intenso.

10. Conclusiones

En conclusión, aunque la leche de vaca descremada no mejoró significativamente el rendimiento, sus efectos fisiológicos pueden ser beneficiosos en ejercicios prolongados al contribuir en el mantenimiento de la glucosa en sangre como una fuente exógena de energía y, por consiguiente, del glucógeno muscular. Además, el efecto fisiológico en las variables potencia normalizada, potencia máxima y potencia relativa podrían ayudar a mejorar los tiempos de carrera y con esto, contribuir con los resultados deportivos.

La leche de vaca causa mínimos o nulos síntomas gastrointestinales cuando se ha realizado un entrenamiento gastrointestinal previo que permita una adaptación. Aquellos ciclistas que no tengan intolerancia a la lactosa o alergias a las proteínas de la leche pueden ingerirla antes de un ejercicio físico sin tener efectos adversos por sensación de llenura gástrica. Se recomienda preferir el consumo de leche descremada sobre la leche entera, ya que la grasa presente en esta última puede favorecer la acción de la pepsina en el estómago, facilitando la hidrólisis de las proteínas de la membrana del glóbulo de grasa. Esto puede inducir la coagulación de dichos glóbulos y generar síntomas gastrointestinales.

Por otro lado, cuando el salto no hace parte del gesto deportivo habitual, la familiarización de la prueba de salto contramovimiento (CMJ) y la presencia de un estímulo que permita una contracción voluntaria de alta intensidad —como en la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)— pueden inducir una mejora del rendimiento posterior a la activación (PAPE). Esto se reflejaría en un aumento en la altura del salto durante el salto vertical. En

este sentido, se recomienda evaluar el rendimiento neuromuscular mediante la prueba CMJ tanto antes como después de un protocolo de ejercicio intenso, y no únicamente en uno de los dos momentos.

11. Limitaciones y consideraciones finales

Dentro de este estudio se presentaron varias limitaciones. En primer lugar, se contó con un tamaño de muestra reducido debido a pérdida por factores externos incontrolables. Además, la población no se encontraba concentrada en un mismo lugar, lo cual dificultó la estandarización de la alimentación durante la fase experimental. Adicionalmente, no fue posible controlar la carga de entrenamiento de los ciclistas, ni establecer un horario fijo para la realización de las pruebas en cada participante.

Finalmente, se sugiere continuar investigando los efectos del consumo de leche de vaca sobre el rendimiento en ciclistas, utilizando una muestra de mayor tamaño que permita aumentar el poder estadístico, con un aporte más elevado de carbohidratos y un protocolo de ejercicio sin límite de tiempo. También, se recomienda considerar otras variables cuantitativas, como la medición de marcadores hormonales (insulina, GLP-1, hormonas adrenérgicas, testosterona), así como variables cualitativas que permitan una mejor comprensión de las particularidades individuales de los sujetos de estudio. Entre estas se pueden incluir el tipo, frecuencia y duración del entrenamiento, la modalidad específica dentro del ciclismo, y cualquier otra característica fisiológica que pueda explicar diferencias significativas entre los participantes.

12. Propiedad intelectual

Se declara que la titularidad de los derechos patrimoniales sobre la obra la ostenta la UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, conforme a lo dispuesto en el acuerdo 035 de 2003, al ser esta una obra desarrollada por una estudiante como parte de los compromisos académicos con la institución.

De igual manera, yo Laura Isabella Correa Ramírez declaro bajo juramento que soy el verdadero autor de la obra referida, y que no se ha vulnerado derechos de autor o de propiedad intelectual de terceros. De ser el caso, responderé por cualquier reclamo que se pueda presentar, exonerando de cualquier responsabilidad a la Universidad Nacional de Colombia.

13. Bibliografía

Aandahl, M. H., Noordhof, D. A., Tjønna, A. E., & Sandbakk, Ø. (2021). Effect of Carbohydrate Content in a Pre-event Meal on Endurance Performance-Determining Factors: A Randomized Controlled Crossover-Trial. *Frontiers in Sports and Active Living*, *3*. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.664270

ACCU-CHEK. (n.d.). *Accu-Chek® Active*. Retrieved March 10, 2025, from https://www.accu-chek.com.co/medidores-de-glicemia/accu-chekr-active

Adeva-Andany, M., López-Ojén, M., Funcasta-Calderón, R., Ameneiros-Rodríguez, E., Donapetry-García, C., Vila-Altesor, M., & Rodríguez-Seijas, J. (2014). Comprehensive review on lactate metabolism in human health. *Mitochondrion*, *17*, 76–100. https://doi.org/10.1016/J.MITO.2014.05.007

Alcantara, J. M. A., Sanchez-Delgado, G., Martinez-Tellez, B., Labayen, I., & Ruiz, J. R. (2019). Impact of cow's milk intake on exercise performance and recovery of muscle function: a systematic review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *16*(1). https://doi.org/10.1186/S12970-019-0288-5

Allen, H., Coggan, A. R., & McGregor, S. (2019). *Training and Racing with a Power Meter: Third Edition* (VeloPress). Ingram Publisher Services. https://books.google.com.co/books?hl=en&lr=&id=X62SDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP9&ots=wBwLoaXqR9&sig=4snCCcRHOzCLDNT1Ua1HaeND_WU&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Álvarez-Figueroa, M. L., Pineda-Castro, M. L., Chacón-Villalobos, A., & Cubero-Castillo, E. (2022). Physicochemical and sensory characteristics of whole, skimmed and lactose-free goat and bovine milks. *Agronomia Mesoamericana*, *33*(2). https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47039

Amawi, A., AlKasasbeh, W., Jaradat, M., Almasri, A., Alobaidi, S., Hammad, A. A., Bishtawi, T., Fataftah, B., Turk, N., Saoud, H. Al, Jarrar, A., & Ghazzawi, H. (2024). Athletes' nutritional demands: a narrative review of nutritional requirements. *Frontiers in Nutrition*, *10*, 1331854. https://doi.org/10.3389/FNUT.2023.1331854

Anicic, Z., Janicijevic, D., Knezevic, O. M., Garcia-Ramos, A., Petrovic, M. R., Cabarkapa, D., & Mirkov, D. M. (2023). Assessment of Countermovement Jump: What Should We Report? *Life 2023, Vol. 13, Page 190*, *13*(1), 190. https://doi.org/10.3390/LIFE13010190

AXON Bioingenieria Deportiva. (n.d.). *Plataformas Axon Jump*. Retrieved March 10, 2025, from https://www.axonjump.com.ar/plataformas

Baker, L. B., Rollo, I., Stein, K. W., & Jeukendrup, A. E. (2015). Acute Effects of Carbohydrate Supplementation on Intermittent Sports Performance. *Nutrients* , *7*(7), 5733–5763. https://doi.org/10.3390/NU7075249

Bell, K. J., Fio, C. Z., Twigg, S., Duke, S. A., Fulcher, G., Alexander, K., McGill, M., Wong, J., Brand-Miller, J., & Steil, G. M. (2020). Amount and Type of Dietary Fat, Postprandial Glycemia, and Insulin Requirements in Type 1 Diabetes: A Randomized Within-Subject Trial. *Diabetes Care*, *43*(1), 59–66. https://doi.org/10.2337/DC19-0687

Berry, C. W., Murray, B., & Kenney, W. L. (2022). Scientific basis for a milk permeate-based sports drink – A critical review. *International Dairy Journal*, *127*, 105296. https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2021.105296

Bird, S. R., Linden, M., & Hawley, J. A. (2013). Acute changes to biomarkers as a consequence of prolonged strenuous running. *Annals of Clinical Biochemistry*, *51*(2), 137–150. https://doi.org/10.1177/0004563213492147

Borszcz, F. K., Tramontin, A. F., Bossi, A. H., Carminatti, L. J., & Costa, V. P. (2018). Functional Threshold Power in Cyclists: Validity of the Concept and Physiological Responses. *International Journal of Sports Medicine*, *39*(10), 737–742. https://doi.org/10.1055/s-0044-101546

Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2011). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Science*, *29*(SUPPL. 1), 17–27. https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473

Burke, L. M., Kiens, B., & Ivy, J. L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *Journal of Sports Sciences*, *22*(1), 15–30. https://doi.org/10.1080/0264041031000140527

Clark, I. E., Vanhatalo, A., Thompson, C., Joseph, C., Black, M. I., Blackwell, J. R., Wylie, L. J., Tan, R., Bailey, S. J., Wilkins, B. W., Kirby, B. S., & Jones, A. M. (2019). Dynamics of the power-duration relationship during prolonged endurance exercise and influence of carbohydrate ingestion. *Journal of Applied Physiology*, *127*(3), 726–736. https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00207.2019/ASSET/IMAGES/LARGE/ZDG0081931220007.JPEG

Claudino, J. G., Cronin, J., Mezêncio, B., McMaster, D. T., McGuigan, M., Tricoli, V., Amadio, A. C., & Serrão, J. C. (2017). The countermovement jump to monitor

neuromuscular status: A meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *20*(4), 397–402. https://doi.org/10.1016/J.JSAMS.2016.08.011/ATTACHMENT/36EBE82B-31C0-45A2-ABCC-0EBB72187985/MMC36.DOCX

Cockburn, E., Bell, P. G., & Stevenson, E. (2013). Effect of milk on team sport performance after exercise-induced muscle damage. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *45*(8), 1585–1592. https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E31828B7DD0

Cormack, S. J., Newton, R. U., McGulgan, M. R., & Doyle, T. L. A. (2008). Reliability of measures obtained during single and repeated countermovement jumps. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *3*(2), 131–144. https://doi.org/10.1123/IJSPP.3.2.131

CORTEX. (n.d.). *METALYZER 3B*. Retrieved March 10, 2025, from https://cortex-medical.com/EN/METALYZER-3B-en.htm

Costa, A., Lopez-Villalobos, N., Sneddon, N. W., Shalloo, L., Franzoi, M., De Marchi, M., & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *102*(7), 5883–5898. https://doi.org/10.3168/JDS.2018-15955

Costa, R. J. S., Miall, A., Khoo, A., Rauch, C., Snipe, R., Camões-Costa, V., & Gibson, P. (2017). Gut-training: the impact of two weeks repetitive gut-challenge during exercise on gastrointestinal status, glucose availability, fuel kinetics, and running performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, *42*(5), 547–557. https://doi.org/10.1139/APNM-2016-0453

Cunningham, K. M., & Read, N. W. (1989). The effect of incorporating fat into different components of a meal on gastric emptying and postprandial blood glucose and insulin responses. *British Journal of Nutrition*, *61*(2), 285–290. https://doi.org/10.1079/BJN19890116

De Campos, J. C., Leporace, G., & Maior, A. S. (2019). Countermovement Jump Test Performance in Different Sports Modalities . *Journal of the American Society of Exercise Physiologists* , *22*(5), 172–182.

Douglas, J., Ross, A., & Martin, J. C. (2021). Maximal muscular power: lessons from sprint cycling. *Sports Medicine - Open 2021 7:1*, *7*(1), 1–15. https://doi.org/10.1186/S40798-021-00341-7

Dumke, C. L., McBride, J. M., Nieman, D. C., Gowin, W. D., Utter, A. C., & McAnulty, S. R. (2007). Effect of duration and exogenous carbohydrate on gross efficiency during cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*(4), 1214–1219. https://doi.org/10.1519/R-22396.1

EFK. (n.d.). *Lactate Scout Sport - Lactate Analyzer for sports performance*. Retrieved March 10, 2025, from https://www.ekfdiagnostics.com/point-of-care/sports/lactate-scout-sport/

Erdemir, U., Yildiz, E., Saygi, G., Altay, N. I., Eren, M. M., & Yucel, T. (2016). Effects of energy and sports drinks on tooth structures and restorative materials. *Http://Www.Wjgnet.Com/*, *5*(1), 1–7. https://doi.org/10.5321/WJS.V5.I1.1

Fajardo-López, N., & Moscoso-Alvarado, F. (2013). Entrenamiento de la capacidad aeróbica por medio de la terapia acuática en niños con parálisis cerebral tipo diplejía espástica. *Rev. Fac. Med*, *61*(4), 365–371. http://www.scielo.org.co/pdf/rfmun/v61n4/v61n4a5.pdf

Febbraio, M. A., Keenan, J., Angus, D. J., Campbell, S. E., & Garnham, A. P. (2000). Preexercise carbohydrate ingestion, glucose kinetics, and muscle glycogen use: Effect of the glycemic index. *Journal of Applied Physiology*, *89*(5), 1845–1851. https://doi.org/10.1152/JAPPL.2000.89.5.1845/ASSET/IMAGES/LARGE/DG1100256006.JPEG

Frost, G. S., Brynes, A. E., Dhillo, W. S., Bloom, S. R., & McBurney, M. I. (2003). The effects of fiber enrichment of pasta and fat content on gastric emptying, GLP-1, glucose, and insulin responses to a meal. *European Journal of Clinical Nutrition*, *57*(2), 293–298. https://doi.org/10.1038/SJ.EJCN.1601520

Galvis-Rincón, J., Mejía-Cano, J., & Espinosa-DeLaOssa, P. (2020). *Correlación del Queen's College Step Test y ergoespirometría para estimación de VO2max*. Revista Iberoamericana de Ciencias de La Actividad Física y El Deporte. https://revistas.uma.es/index.php/riccafd/article/view/6706/9940

Garciá-Berger, D., MacKay, K., Monsalves-Alvarez, M., Jorquera, C., Ramirez-Campillo, R., Zbinden-Foncea, H., & Castro-Sepulveda, M. (2020). Effects of skim milk and isotonic drink consumption before exercise on fluid homeostasis and time-trial performance in cyclists: A randomized cross-over study. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *17*(1), 1–5. https://doi.org/10.1186/S12970-020-00346-9/FIGURES/3

Gentleman, R., & Ihaka, R. (1993). *What is R?* https://www.r-project.org/

Gómez Álvarez, A. C., Portillo Lozano, L. C., Quinchía Castro, A. E., Bejarano Herrera, E. Y., Povea Combariza, C. E., & Guerrero Orjuela, L. S. (2023). *Evaluación del efecto de la ingesta de lactosa previo a un esfuerzo físico de resistencia y su impacto en el rendimiento en ciclistas juveniles profesionales.* [Universidad CES]. https://repository.ces.edu.co/server/api/core/bitstreams/854f9f93-fd38-422e-9fc6-04fd6e4a4d6b/content

González-Mohíno, F., Rodrigo-Carranza, V., Rodríguez-Barbero, S., Turner, A., & González-Ravé, J. M. (2022). Acute effects of combined cycling and plyometrics on vertical jump performance in active males. *Biology of Sport*, *40*(3), 761–766. https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2023.119989

Gorostiaga, E. M., Navarro-Amézqueta, I., Calbet, J. A. L., Sánchez-Medina, L., Cusso, R., Guerrero, M., Granados, C., González-Izal, M., Ibáñez, J., & Izquierdo, M. (2014). Blood ammonia and lactate as markers of muscle metabolites during leg press exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *28*(10), 2775–2785. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000496

Guetouache, M., Guessas, B., & Medjekal, S. (2014). *Composition and nutritional value of raw milk*. Issues Biol. Sci. Pharm. Res. https://www.researchgate.net/publication/278785108_Composition_and_nutritional_value_of_raw_milk

Haakonssen, E. C., Ross, M. L., Cato, L. E., Nana, A., Knight, E. J., Jenkins, D. G., Martin, D. T., & Burke, L. M. (2014). Dairy-based preexercise meal does not affect gut comfort or time-trial performance in female cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *24*(5), 553–558. https://doi.org/10.1123/IJSNEM.2014-0069

Haug, A., Høstmark, A. T., & Harstad, O. M. (2007). Bovine milk in human nutrition – a review. *Lipids in Health and Disease*, *6*, 25. https://doi.org/10.1186/1476-511X-6-25

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2014). Metodología de la Investigación. In *McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.* (6a Edición). McGRAW-HILL .

Herzog, M., Clarke, A., & Francis, G. (2019). *Understanding Statistics and Experimental Design: How to Not Lie with Statistics*. Springer Nature. http://www.springer.com/series/15430

Heyman, M. B. (2006). Lactose Intolerance in Infants, Children, and Adolescents. *Pediatrics*, *118*(3), 1279–1286. https://doi.org/10.1542/PEDS.2006-1721

Huppertz, T., & Chia, L. W. (2021). Milk protein coagulation under gastric conditions: A review. *International Dairy Journal*, *113*, 104882. https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2020.104882

Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF). (2018). *Tabla de Composición de Alimentos Colombianos* (pp. 78–79). ICBF. https://www.icbf.gov.co/system/files/tcac_web.pdf

Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*, *29*(SUPPL. 1). https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348

Jeukendrup, A. E. (2017). Training the Gut for Athletes. *Sports Medicine*, *47*(1), 101–110. https://doi.org/10.1007/S40279-017-0690-6/FIGURES/4

Jeukendrup, A. E., & Jentjens, R. (2000). Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise: current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *29*(6), 407–424. https://doi.org/10.2165/00007256-200029060-00004

Jones, T. W., Eddens, L., Kupusarevic, J., Simoes, D. C. M., Furber, M. J. W., Van Someren, K. A., & Howatson, G. (2022). Effects of Cycling Intensity on Acute Signaling Adaptations to 8-weeks Concurrent Training in Trained Cyclists. *Frontiers in Physiology*, *13*, 852595. https://doi.org/10.3389/FPHYS.2022.852595/BIBTEX

Kirk, B., Mitchell, J., Jackson, M., Amirabdollahian, F., Alizadehkhaiyat, O., & Clifford, T. (2017). A2 Milk Enhances Dynamic Muscle Function Following Repeated Sprint Exercise, a Possible Ergogenic Aid for A1-Protein Intolerant Athletes? *Nutrients 2017, Vol. 9, Page 94*, *9*(2), 94. https://doi.org/10.3390/NU9020094

Klitzke Borszcz, F., Tramontin, A. F., & Costa, V. P. (2020). Reliability of the Functional Threshold Power in Competitive Cyclists. *International Journal of Sports Medicine*, *41*(3), 175–181. https://doi.org/10.1055/A-1018-1965/ID/R7265-0016/BIB

Kozlowski, K. F., Ferrentino-Depriest, A., & Cerny, F. (2021). Effects of Energy Gel Ingestion on Blood Glucose, Lactate, and Performance Measures During Prolonged Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *35*(11), 3111–3119. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003297

Kulich, K. R., Madisch, A., Pacini, F., Piqué, J. M., Regula, J., Van Rensburg, C. J., Újszászy, L., Carlsson, J., Halling, K., & Wiklund, I. K. (2008). Reliability and validity of the Gastrointestinal Symptom Rating Scale (GSRS) and Quality of Life in Reflux and Dyspepsia (QOLRAD) questionnaire in dyspepsia: A six-country study. *Health and Quality of Life Outcomes*, *6*, 12. https://doi.org/10.1186/1477-7525-6-12

Lee, E. C., Fragala, M. S., Kavouras, S. A., Queen, R. M., Pryor, J. L., & Casa, D. J. (2017). Biomarkers in sports and exercise: Tracking health, performance, and recovery in athletes. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *31*(10), 2920–2937. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002122

Lee, J. K. W., Maughan, R. J., Shirreffs, S. M., & Watson, P. (2008). Effects of milk ingestion on prolonged exercise capacity in young, healthy men. *Nutrition*, *24*(4), 340–347. https://doi.org/10.1016/J.NUT.2008.01.001

Lepers, R., Hausswirth, C., Maffiuletti, N., Brisswalter, J., & Hoecke, J. Van. (2000). Evidence of neuromuscular fatigue after prolonged cycling exercise. *Med. Sci. Sports Exerc*, *32*(11), 1880–1886. http://www.acsm-msse.org

Lepers, R., Maffiuletti, N. A., Rochette, L., Brugniaux, J., & Millet, G. Y. (2002). Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. *Journal of Applied Physiology*, *92*(4), 1487–1493. https://doi.org/10.1152/JAPPLPHYSIOL.00880.2001/ASSET/IMAGES/LARGE/DG0421453002.JPEG

Lewis, M. D., Young, W. B., Knapstein, L., Lavender, A., & Talpey, S. W. (2021). Countermovement jump variables not tensiomyography can distinguish between sprint and endurance focused track cyclists. *Biology of Sport*, *39*(1), 67–72. https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2022.103572

Lodefalk, M., Åman, J., & Bang, P. (2008). Effects of fat supplementation on glycaemic response and gastric emptying in adolescents with Type 1 diabetes. *Diabetic Medicine*, *25*(9), 1030–1035. https://doi.org/10.1111/J.1464-5491.2008.02530.X

López Grueso, R. (2019). Periodization of nutrition in cycling: something basic!!! *Journal of Science and Cycling*, *8*(1), 1–2. https://doi.org/10.28985/1807.JSC.01

López-Chicharro, J., & Fernández-Vaquero, A. (2006). *Fisiología del Ejercicio* (3a ed.). Médica Panamericana, S.A. http://fisico.uta.cl/documentos/fisiologia/Fisiolog%C3%ADa%20del%20Ejercicio,%20L%C3%B3pez%20Chicharro.pdf

Lunn, W., Colletto, M., Rodriguez, N., Pasiakos, S., Karfonta, K., Carbone, J., & Anderson, J. (2011). Chocolate Milk and Endurance Exercise Recovery: Protein Balance, Glycogen, and Performance. *Medicina & Science in Sports & Exercise*. https://doi.org/10.1249/01.MSS.0000385622.48600.1e

Maroto-Izquierdo, S., Bautista, I. J., & Rivera, F. M. (2020). Post-activation performance enhancement (PAPE) after a single-bout of high-intensity flywheel resistance training. *Biology of Sport*, *37*(4), 343–350. https://doi.org/10.5114/BIOLSPORT.2020.96318

Martín-Aragón, S. (2006). Dispepsia funcional. *Farmacia Profesional*, *20*(10), 50–55. https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-dispepsia-funcional-13095630

Mazdeh, F. Z., Moradi, Z., Moghaddam, G., Moradi-Khatoonabadi, Z., Aftabdari, F. E., Badaei, P., & Hajimahmoodi, M. (2016). Determination of Synthetic Food Colors, Caffeine, Sodium Benzoate and Potassium Sorbate in Sports Drinks. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, *15*(1), 183–188. https://doi.org/10.4314/TJPR.V15I1.25

McCann, M. R., & Flanagan, S. P. (2010). The effects of exercise selection and rest interval on postactivation potentiation of vertical jump performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*(5), 1285–1291. https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3181D6867C

McErlain-Naylor, S., King, M., & Pain, M. T. G. (2014). Determinants of countermovement jump performance: a kinetic and kinematic analysis. *Journal of Sports Sciences*, *32*(19), 1805–1812. https://doi.org/10.1080/02640414.2014.924055

Menzel, H.-J., Sanna, J., Lima, B., Peixoto, G. H., Santos Araújo, S. R., Monteiro, T., & Pereira De Andrade, A. G. (2015). RELIABILITY OF KINETIC VARIABLES OF SQUAT JUMPS WITH DIFFERENT STARTING POSITIONS AFTER CRITERION BASED FAMILIARIZATION. *ISBS - Conference Proceedings Archive*. https://ojs.ub.uni-konstanz.de/cpa/article/view/6419

Mezzani, A. (2017). Cardiopulmonary exercise testing: Basics of methodology and measurements. *Annals of the American Thoracic Society*, *14*, S3–S11. https://doi.org/10.1513/ANNALSATS.201612-997FR/SUPPL_FILE/DISCLOSURES.PDF$AUTHORDISCLOSURES

Miall, A., Khoo, A., Rauch, C., Snipe, R. M. J., Camões-Costa, V. L., Gibson, P. R., & Costa, R. J. S. (2018). Two weeks of repetitive gut-challenge reduce exercise-associated gastrointestinal symptoms and malabsorption. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *28*(2), 630–640. https://doi.org/10.1111/SMS.12912

Ministerio de Salud y Protección Social. (2006). *Decreto 616 de 2006*. https://www.ica.gov.co/getattachment/15425e0f-81fb-4111-b215-63e61e9e9130/2006d616.aspx

Mitchell, C. J., & Sale, D. G. (2011). Enhancement of jump performance after a 5-RM squat is associated with postactivation potentiation. *European Journal of Applied Physiology*, *111*(8), 1957–1963. https://doi.org/10.1007/S00421-010-1823-X/METRICS

Moir, G., Sanders, R., Button, C., & Glaister, M. (2005). The influence of familiarization on the reliability of force variables measured during unloaded and loaded vertical jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *19*(1), 140–145. https://doi.org/10.1519/14803.1

MTB Direct. (n.d.). *Elite Direto XR-T Interactive Trainer*. Retrieved March 10, 2025, from https://www.mtbdirect.com.au/products/elite-direto-xr-t-interactive-trainer?srsltid=AfmBOopaGI4j7IKk5b_c4-nxJDtOVqf9VtoFxqwI4kjqQ7SNTuMaYbXT

Muros, J. J., Sánchez-Muñoz, C., Campos, D., Hinojosa-Nogueira, D., Rufián-Henares, J. Á., Mateo-March, M., & Zabala, M. (2022). Nutritional Habits of Professional Cyclists during Pre-Season. *Nutrients*, *14*(18). https://doi.org/10.3390/nu14183695

Nakamura, K., Sengoku, Y., Ogata, H., Watanabe, K., Shirai, Y., & Nabekura, Y. (2020). Effects of Endurance Training on the Relationship Between Blood Glucose, Lactate, and Hormones During Incremental Running Test. *Int. J. Sport Health Sci. Paper : Physiology 189 International Journal of Sport and Health Science*, *18*, 189–196. http://taiiku-gakkai.or.jp/

Nibali, M. L., Tombleson, T., Brady, P. H., & Wagner, P. (2015). Influence of familiarization and competitive level on the reliability of countermovement vertical jump kinetic and kinematic variables. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *29*(10), 2827–2835. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000964

Odell, O. J., Podlogar, T. I. M., & Wallis, G. A. (2020). Comparable Exogenous Carbohydrate Oxidation from Lactose or Sucrose during Exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *52*(12), 2663. https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002426

Odell, O. J., & Wallis, G. A. (2021). The application of lactose in sports nutrition. *International Dairy Journal*, *116*, 104970. https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2020.104970

Ormsbee, M. J., Bach, C. W., & Baur, D. A. (2014). Pre-Exercise Nutrition: The Role of Macronutrients, Modified Starches and Supplements on Metabolism and Endurance Performance. *Nutrients 2014, Vol. 6, Pages 1782-1808*, *6*(5), 1782–1808. https://doi.org/10.3390/NU6051782

Palacios, G., & Maroto-Sánchez, B. (2015). Biomarkers of physical activity and exercise. *Nutricion Hospitalaria*, *31*, 237–244. https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.sup3.8771

Panoutsakopoulos, V., & Bassa, E. (2023). Countermovement Jump Performance Is Related to Ankle Flexibility and Knee Extensors Torque in Female Adolescent Volleyball Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology 2023, Vol. 8, Page 76*, *8*(2), 76. https://doi.org/10.3390/JFMK8020076

Parnell, J. A., Wagner-Jones, K., Madden, R. F., & Erdman, K. A. (2020). Dietary restrictions in endurance runners to mitigate exercise-induced gastrointestinal symptoms. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *17*(1), 32. https://doi.org/10.1186/S12970-020-00361-W/SUPPL_FILE/RSSN_A_12130170_SM0001.PDF

Portnoy, M., & Barbano, D. M. (2021). Lactose: Use, measurement, and expression of results. *Journal of Dairy Science*, *104*(7), 8314–8325. https://doi.org/10.3168/JDS.2020-18706

Rankin, P., Landy, A., Stevenson, E., & Cockburn, E. (2018). Milk: An Effective Recovery Drink for Female Athletes. *Nutrients*, *10*(2). https://doi.org/10.3390/NU10020228

Rankin, P., Lawlor, M. J., Hills, F. A., Bell, P. G., Stevenson, E. J., & Cockburn, E. (2018). The effect of milk on recovery from repeat-sprint cycling in female team-sport athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism = Physiologie Appliquee, Nutrition et Metabolisme*, *43*(2), 113–122. https://doi.org/10.1139/APNM-2017-0275

Rønnestad, B. R., & Hansen, J. (2016). Optimizing Interval Training at Power Output Associated with Peak Oxygen Uptake in Well-Trained Cyclists. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *30*(4), 999–1006. https://doi.org/10.1519/JSC.0B013E3182A73E8A

Silva, M. M., Reboredo, F. H., & Lidon, F. C. (2022). Food Colour Additives: A Synoptical Overview on Their Chemical Properties, Applications in Food Products, and Health Side Effects. *Foods 2022, Vol. 11, Page 379*, *11*(3), 379. https://doi.org/10.3390/FOODS11030379

Simões, H. G., Grubert Campbell, C. S., Kokubun, E., Denadai, B. S., & Baldissera, V. (1999). Blood glucose responses in humans mirror lactate responses for individual anaerobic threshold and for lactate minimum in track tests. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, *80*(1), 34–40. https://doi.org/10.1007/S004210050555

Sociedad Castellano-Leonesa de Cardiología. (2023). *Manual de Rehabilitación Cardíaca Castilla y León* (MATA Digital S.L.). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.socalec.net/_files/ugd/737c77_00b955acdc454849bab48949806132f8.pdf

Sperlich, B., Maximilian, J., Brown, L. E., Ekblom, M. M., Patikas, D. A., Blazevich, A. J., & Babault, N. (2019). Post-activation Potentiation Versus Post-activation Performance Enhancement in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. *Frontiers in Physiology*, *10*, 1359. https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.01359

Stannard, S. R., Hawke, E. J., & Schnell, N. (2009). The effect of galactose supplementation on endurance cycling performance. *European Journal of Clinical Nutrition*, *63*(2), 209–214. https://doi.org/10.1038/SJ.EJCN.1602924

Steingoetter, A., Buetikofer, S., Curcic, J., Menne, D., Rehfeld, J. F., Fried, M., Schwizer, W., & Wooster, T. J. (2017). The Dynamics of Gastric Emptying and Self-Reported Feelings of Satiation Are Better Predictors Than Gastrointestinal Hormones of the Effects of Lipid Emulsion Structure on Fat Digestion in Healthy Adults—A Bayesian Inference Approach. *The Journal of Nutrition*, *147*(4), 706–714. https://doi.org/10.3945/JN.116.237800

Ter Steege, R. W. F., Van Der Palen, J., & Kolkman, J. J. (2008). Prevalence of gastrointestinal complaints in runners competing in a long-distance run: An internet-based observational study in 1281 subjects. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, *43*(12), 1477–1482. https://doi.org/10.1080/00365520802321170

Upshaw, A. U., Wong, T. S., Bandegan, A., & Lemon, P. W. R. (2016). Cycling time trial performance 4 hours after glycogen-lowering exercise is similarly enhanced by recovery nondairy chocolate beverages versus chocolate milk. *International Journal of*

Sport Nutrition and Exercise Metabolism, *26*(1), 65–70. https://doi.org/10.1123/IJSNEM.2015-0056

Valdés Martín, A., Rivas Estany, D. E., Tadiana, D., Aguilar, A., Lila, D., & Echevarr-Ía Sifontes, A. (2016). Utilidad de la Ergoespirometría en el diagnóstico y evaluación de las enfermedades cardiovasculares. *Revista Cubana de Cardiología y Cirugía Cardiovascular*, *22*(1).

van Eijnatten, E. J. M., Camps, G., Guerville, M., Fogliano, V., Hettinga, K., & Smeets, P. A. M. (2024). Milk coagulation and gastric emptying in women experiencing gastrointestinal symptoms after ingestion of cow's milk. *Neurogastroenterology & Motility*, *36*(1), e14696. https://doi.org/10.1111/NMO.14696

Vera Carrillo, D. (2021). *Desarrollo de un Modelo Matemático de predicción de la Potencia generada por un ciclista usando variables Biométricas*. Universidad Politécnica de Cartagena.

Vijayvargiya, P., Jameie-Oskooei, S., Camilleri, M., Chedid, V., Erwin, P. J., & Murad, M. H. (2019). Association between delayed gastric emptying and upper gastrointestinal symptoms: A systematic review and meta-analysis. *Gut*, *68*(5), 804–813. https://doi.org/10.1136/GUTJNL-2018-316405

Waggener, G. T. (2008). *The Effects of Three Pre-Exercise Meals on Long and Short-Term Submaximal Cycling Endurance Exercise*. Florida State University.

Watson, P., Love, T. D., Maughan, R. J., & Shirreffs, S. M. (2008). A comparison of the effects of milk and a carbohydrate-electrolyte drink on the restoration of fluid balance and exercise capacity in a hot, humid environment. *European Journal of Applied Physiology*, *104*(4), 633–642. https://doi.org/10.1007/S00421-008-0809-4

Zuniga, J. M., Housh, T. J., Camic, C. L., Bergstrom, H. C., Traylor, D. A., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2013). Neuromuscular and metabolic comparisons between ramp and step incremental cycle ergometer tests. *Muscle and Nerve*, *47*(4), 555–560. https://doi.org/10.1002/MUS.23606;PAGE:STRING:ARTICLE/CHAPTER

Anexos

Anexo A. Consentimiento informado

ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: Efecto de la ingesta de leche descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

- Por favor, lea cuidadosamente esta información sobre el estudio de investigación titulado
- Siéntase en completa libertad de preguntar al personal del estudio todo aquello que no entienda.
- Siéntase en completa libertad de no participar en el estudio.
- Una vez haya comprendido la información, se le preguntará si desea participar. En caso afirmativo, deberá firmar este documento y recibirá una copia.

DESCRIPCIÓN GENERAL

El ciclismo es un deporte que requiere de nutrientes y líquidos necesarios para un adecuado rendimiento, ya que estos tienen funciones como el de proveer energía, ayudar a la reposición de glucógeno hepático y muscular, promover la síntesis de proteínas, mantener el volumen plasmático, entre otros.

Actualmente, la leche de vaca es un alimento de gran interés para la Nutrición Deportiva debido a su bajo costo, accesibilidad, posibles efectos y similitud con las bebidas deportivas encontradas en el mercado. Este alimento contiene carbohidratos en forma de lactosa, proteínas, lípidos, micronutrientes y agua, lo que lo hace idóneo como bebida

durante un entrenamiento o competencia. Uno de los tipos de leche de vaca que se encuentran es la descremada que tiene la característica de ser absorbida más rápido por el organismo a consecuencia de su bajo contenido de grasa que genera que el vaciamiento gástrico sea más rápido, ayudando así a que los nutrientes sean utilizados rápidamente durante el ejercicio físico, principalmente la lactosa y el agua.

Sin embargo, todavía no hay evidencia concluyente que soporte que la leche de vaca ya sea, entera, descremada o deslactosada, aumenta el rendimiento significativamente de los deportistas, en especial en el ciclismo. Es por esto, que estudios sugieren que se siga investigando más sobre este tema.

Es así, como determinar los efectos de la leche de vaca descremada UHT puede ayudar a ser una alternativa para promover el rendimiento deportivo y que cualquier ciclista pueda adquirirla, al ser de bajo costo y de alto acceso en el mercado. Además, podría ser una alternativa no sólo para el ciclismo sino para otro deporte de resistencia.

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Determinar el efecto de la ingesta de leche de vaca descremada UHT, previo a un ejercicio físico, sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados, durante pruebas de capacidad aeróbica

¿POR QUÉ FUE USTED ELEGIDO PARA PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?

Usted fue considerado para este estudio ya que cumple con los criterios de inclusión, al ser un ciclista de sexo masculino altamente entrenado. Presenta un estado nutricional óptimo y no presenta intolerancia a la lactosa ni alguna condición de salud adversa como enfermedades cardiovasculares, pulmonares, renales o lesiones musculoesqueléticas.

RIESGOS Y BENEFICIOS

Beneficios

Al participar en esta investigación, usted podrá obtener los siguientes beneficios:

- Recibir información sobre su estado físico
- Conocer resultados propios para variables de rendimiento deportivo como el consumo de oxígeno máximo, tasa de intercambio respiratorio, umbral Anaeróbico, potencia máxima, relativa y normalizada, tasa de trabajo, ventilación y frecuencia cardiaca.
- Ser parte de uno de los pocos estudios en Colombia que evalúen el efecto de la leche de vaca descremada UHT sobre el rendimiento deportivo.
- Contribuir en la construcción de conocimiento aplicado al rendimiento deportivo, específicamente en deportes de resistencia.

Riesgos

Al consumir leche de vaca descremada puede presentar molestias gastrointestinales tales como sensación de llenura, flatulencias y dolor de cabeza. No obstante, estas molestias no se presentan en todos los casos y van a depender de la cantidad de leche que se consuma.

También, se pueden presentar riesgos propios de las pruebas aeróbicas y de potencia como dolor osteomuscular, dificultad para respirar, ritmo cardíaco elevado, mareos y riesgo de sufrir lesiones durante su ejecución. En pacientes con patologías cardiovasculares previas, se puede presentar riesgo de arritmias e inclusive riesgo de un infarto agudo del miocardio.

En cuanto a las pruebas de sangre, se pueden presentar riesgos mínimos como dolor leve y moretón en el lugar de inserción de la lanceta y mareos.

¿COMO SERÁ LA PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO?

Su participación en este estudio es totalmente voluntaria. Si acepta participar, su contribución requiere los siguientes procedimientos que usted podría libremente aceptar o rechazar:

1. Se requerirá una disposición de tiempo para realizar 4 sesiones en total, de las cuales se pedirá asistir solamente un día cada semana durante máximo 2 horas. Entre cada una de las semanas, habrá una semana de descanso.
2. Se requerirá que asista a cada una de las sesiones con su implementación deportiva básica (traje de ciclismo, zapatillas ciclismo, zapatos deportivos y su bicicleta personal)
3. Metodología de las sesiones:

- En la primera sesión, se le realizará una prueba de ergoespirometría.
- En la segunda sesión: Test de salto CMJ al inicio y al final de la sesión y la Prueba de Umbral de Potencia FTP.
- En la tercera sesión se le dará una bebida una hora antes de iniciar con las pruebas: Test de salto CMJ (al inicio y al final de la sesión), prueba FTP y encuesta de síntomas gastrointestinales.
- En la última sesión se le dará una bebida una hora antes de iniciar con las pruebas: Test de salto CMJ (al inicio y al final de la sesión), prueba FTP y encuesta de síntomas gastrointestinales.

Protocolo de cada prueba

- **Ergoespirometría (duración 20 min)**

Se requiere que el ciclista pedalee con una carga de trabajo constante durante períodos de trabajo de 2 minuto. Después de cada dos minutos completados, la carga de trabajo aumenta. La prueba es continua y finaliza cuando el ciclista ya no puede mantener la carga de trabajo requerida o cuando el ciclista decide finalizar la prueba. El ciclista debe intentar completar un minuto completo o un intervalo de 30 s de la carga de trabajo final. Durante esta prueba se le medirá el intercambio de gases y las variables ventilatorias respiración por respiración.

- **Salto CMJ (duración 10 min)**

Este protocolo tiene como objetivo medir el rendimiento neuromuscular mediante una prueba de salto que permite identificar variables de rendimiento de los miembros inferiores. Para esto, se le pedirá que esté con ropa cómoda, también que realice un calentamiento

con movilidad articular y sentadillas para activar la cadena extensora de la extremidad inferior. Después, se le pedirá que realice 5 saltos contra movimiento (CMJ), los cuales se realizan partiendo desde una posición erguida y con las manos en las caderas. Luego, se realiza una flexión de piernas hasta un grado de 90°, seguida lo más rápidamente de un salto vertical con una extensión de piernas. Entre cada salto habrá un intervalo de descanso de 10 segundos.

- **Protocolo Prueba FTP (duración 45 min)**

El protocolo tiene un periodo inicial de calentamiento (5 min) a una intensidad leve (zona 1 y 2) para luego continuar con las siguientes activaciones:

-Activación 1: Se dividirá en tres fases, cada una de 20 segundo en zonas 3,4 y 5. Luego, se dará un periodo de transición (3 min) en zona 1 para así, iniciar con la activación número 2.

-Activación 2: Se dividirá en dos fases de 3 y 2 min en zonas 4 y 5. Luego, seguirá un periodo de 6 min de transición en zona 1 para iniciar con la prueba FTP por 20 min.

-Prueba FTP: Durante la prueba se exigirá mantener una intensidad alta (zona 4 y 5) por 20 min. Una vez transcurrido este tiempo, se dará un periodo de vuelta a la calma de 5 min a una intensidad zona 1.

- **Glucosa y lactato en sangre**

Solamente durante la prueba FTP, se le tomará glucosa y lactato en sangre de la siguiente manera:

Para esto, se le hará una leve punción en el lóbulo de la oreja, siguiendo todos los protocolos de desinfección y esterilidad. Se utilizará una lanceta nueva para hacer la punción y una tirilla nueva para tomar una gota de sangre en cada minuto establecido de la zona donde se realizó la punción y se depositará en una tira reactiva para posteriormente, realizar su lectura y anotar el valor obtenido.

Para la glucosa, se usará un dispositivo AcuteCheck Active y para el lactato, se usará un dispositivo EKF Lactate Scout 4. Se tomarán muestras para cada uno, antes de iniciar con la sesión, y a los 0, 5, 10, 15 y 20 min durante la prueba FTP.

- **Bebida y consideraciones nutricionales**

Para cada asistencia de la tercera y cuarta sesión, una hora antes de iniciar, se le suministrará una bebida láctea de 625 ml ya sea la de control o la de referencia, que es apta y completamente segura para su consumo, pero que ni usted ni los investigadores sabrán cuál tipo de bebida estará consumiendo. Una vez terminada cada prueba, los deportistas consumirán un refrigerio de reposición que contiene leche achocolatada, con una fruta, un sándwich de jamón y queso y 800 ml de agua.

- **Encuesta síntomas gastrointestinales**

Después de finalizar la prueba con consumo de bebida, se le tomará una encuesta de síntomas gastrointestinales, en donde se le preguntará por la presencia o no de algunos síntomas tales como: dolores abdominales, náuseas, distensión abdominal, eructos y gases o flatulencias.

GARANTÍAS DE SU PARTICIPACIÓN

Sus datos serán manejados con confidencialidad y sólo serán tratados para el objeto de esta investigación. En ningún momento se mostrarán los resultados con nombre propio. Es importante mencionar, que usted no incurrirá en ningún gasto, ni tampoco se dará reconocimiento monetario por participar voluntariamente en este estudio. Una vez firme este consentimiento, tendrá derecho a retirarse en cualquier momento sin que esto represente algún perjuicio, sanción, impedimento para participar en otras investigaciones o riesgo en el tratamiento de sus datos personales.

ACEPTACIÓN RESPONSABLE LEGAL

Yo _____ identificado con el documento de identidad ___ número _____ siendo el responsable legal de _____; SI ____ NO ____ acepto que participe en el estudio denominado ***"Efecto de la ingesta de leche de vaca descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados".***

Si la respuesta fue afirmativa, maque con una "x" en caso de que acepte o no acepte lo siguiente.

Autorizo a los investigadores del estudio **"Efecto de la ingesta de leche descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados"** para:

	Acepto	**No acepto**
Realizar los procedimientos descritos en este documento, necesarios para la realización del estudio de investigación		
Realizar los registros escritos a través de los distintos formatos		
Realizar registros fotográficos SIN mostrar rostros personales		
Comunicarse conmigo para hacer las recomendaciones y seguimientos requeridos por el estudio		

Nombres y Apellidos_____

Documento de identidad_____

Firma _____

Fecha_____

Medio de contacto: _____

¿INFORMACIÓN O PREGUNTAS ADICIONALES?

Si en algún momento desea obtener información adicional sobre el estudio puede contactar a: Laura Isabella Correa Ramírez. Nutricionista Dietista, estudiante de último semestre de la Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física. Celular de contacto: 3107874104.

Anexo B. Asentimiento informado

La Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física de la Universidad Nacional de Colombia le invitan a participar en el proyecto de investigación: "**Efecto de la ingesta de leche de vaca descremada sobre el rendimiento de ciclistas jóvenes altamente entrenados**".

Su participación requiere de hacer parte de pruebas de ejercicio físico tales como: ergoespirometría, Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP), prueba de contramovimiento (CMJ) y pruebas en sangre, además de un seguimiento de ingesta de su alimentación. Cada prueba o procedimiento consta de duraciones distintas que pueden estar entre los 10 hasta los 60 minutos aproximadamente. Esta información la podrá encontrar de forma más detallada en el consentimiento informado suministrado.

Le solicitamos responder sinceramente la información y seguir atentamente las indicaciones antes, durante y después de cada prueba y/o procedimiento para que la investigación arroje resultados válidos, que sean útiles para usted como deportista, para su grupo de trabajo y formación, y para nosotros los investigadores.

Su participación en este estudio es completamente voluntaria. Una vez firme este asentimiento usted tendrá derecho a retirarse en cualquier momento sin que esto represente algún perjuicio a nivel institucional, académico, social o riesgo en el tratamiento de sus datos personales. Los datos serán manejados con completa confidencialidad y sólo serán tratados para el objeto de este estudio. En ningún momento se mostrarán los resultados con nombre propio.

Es importante mencionar, que no se incurrirá en gastos, ni tampoco se dará reconocimiento monetario por participar voluntariamente en este estudio.

Además, podrá conocer en todo momento cualquier información del estudio y se le resolverá cualquier duda a través de la estudiante investigadora: Laura Isabella Correa Ramírez cel: 3107874104.

Por medio de este documento yo _____ identificado con T.I _____ de _____, declaro haber leído y entendido el asentimiento informado, y acepto participar voluntariamente en esta investigación.

Firma _____

Fecha _____

Anexo C. Operacionalización de las variables

A continuación, se encuentra la tabla de operacionalización de todas las variables de la investigación:

Variable	Tipo	Definición	Operacionalización	Unidad de medida	Valor
Leche de vaca descremada UHT	Cualitativa nominal	Líquido blanco secretado por la glándula mamaria de la vaca. Contiene una reducción de su contenido de grasa.	Leche de vaca con un contenido de grasa entre el 0,1 a 0,5 %masa/volumen	Mililitros (ml)	625 ml
Leche de vaca entera	Cualitativa nominal	Líquido blanco secretado por la glándula mamaria de la vaca	Leche de vaca entera UHT	Mililitros (ml)	625 ml
Consumo de oxígeno máximo (VO_2 máx)	Cuantitativa continua	Mayor captación de oxígeno que una persona puede tener durante la realización de un ejercicio físico, a pesar de aumentarse la carga de trabajo	Mayor captación de oxígeno durante un ejercicio físico, visto gráficamente como una meseta de VO_2 máximo durante una prueba de ergoespirometría.	ml/kg/min	> 60 ml/kg/min en deportistas entrenados
Tasa de Intercambio Respiratorio (RER)	Cuantitativa continua	Relación entre el VCO_2/VO_2, que permite identificar el tipo de sustrato utilizado como fuente de energía	Relación VCO_2/VO_2, donde un valor a 1,0 corresponde a oxidación de carbohidratos, 0.80 para proteínas y de 0.70 para grasas.	NA	1.0 = oxidación carbohidratos 0,8 = oxidación proteínas 0,7 = oxidación grasas
Umbral ventilario	Cuantitativa continua	Punto en donde el metabolismo glucolítico supera el metabolismo oxidativo y ocurre un incremento del lactato en plasma	Incremento de lactato en sangre medido a través de una prueba de ergoespirometría	mmol/L	Entre el 80% y el 90% de la frecuencia cardíaca máxima >2 mmol/l
Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)	Cuantitativa continua	Máxima potencia que un ciclista puede mantener en un estado casi estacionario por aproximadamente 60 min, sin sensación de fatiga	Máxima potencia mantenida por 60 min, sin sensación de fatiga, medido a través de una prueba a diferentes intensidades.	Vatios (W)	290-339 W en ciclistas entrenados
Tasa de trabajo	Cuantitativa continua	Producción de energía total durante una prueba o competencia	Producción de energía total durante toda la prueba FTP	Kilojulios (kJ)	270-350 kJ en ciclistas entrenados
Potencia relativa	Cuantitativa continua	Relación potencia máxima con el peso del deportista	Potencia máxima/kilogramos del deportista	Vatios/kilogramo (W/kg)	4,0 – 4,5 W/kg en ciclistas entrenados durante 20 min
Potencia máxima	Cuantitativa continua	Valor máximo de potencia obtenido durante un entrenamiento completo, empleado principalmente para la evaluación de los sprints.	Valor de potencia máxima obtenido durante la Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)	Vatios (W)	>300 W en ciclistas entrenados

Factor de eficiencia	Cuantitativa continua	Es la división entre la potencia normalizada y la frecuencia cardiaca media del entrenamiento.	Dato obtenido de la división entre la potencia normalizada y la frecuencia cardíaca media de la Prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)	NA	Sin patrón de referencia
Frecuencia cardíaca	Cuantitativa continua	Número de veces que se contraen los ventrículos cardíacos por unidad de tiempo.	Latidos por minuto medidos durante la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)	latidos/min (lpm)	90-110 lpm en reposo
Potencia Normalizada	Cuantitativa continua	Potencia media mantenida suponiendo un pedaleo de forma constante durante una carrera	Potencia media obtenida durante la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)	Vatios (W)	200-300 W en ciclistas entrenados
Lactato	Cuantitativa continua	Compuesto químico producto del resultado del metabolismo anaeróbico de la glucosa.	Lactato medido a través de la obtención de sangre de la punción en el lóbulo de la oreja.	mmol/L	< 2 mmol/l
Glucosa	Cuantitativa continua	Monosacárido encontrado en alimentos y el cual es utilizado como fuente de energía mediante procesos metabólicos.	Glucosa medida a través de la obtención de sangre de la punción en el lóbulo de la oreja.	mg/dL	Postprandial < 140 mg/dL
Tiempo ingesta	Cuantitativa continua	Período determinado durante el que se realiza una acción o acontecimiento	Tiempo ideal de ingesta de leche descremada previo al esfuerzo físico	minutos (min)	1 hora antes de la prueba
Peso corporal	Cuantitativa continua	Masa o cantidad de peso de un individuo expresado en unidades de libras o kilogramos	Masa de un individuo medida mediante el uso de técnicas antropométricas	Kilogramos (kg)	Según clasificación por Resolución 2465 del 2016.
Talla	Cuantitativa continua	Medida de un individuo desde la cabeza hasta los pies.	Altura de un individuo medida mediante el uso de técnicas antropométricas	Metros (m)	Según clasificación por Resolución 2465 del 2016.
IMC	Cualitativa continua	Relación entre el peso de un individuo con su talla	Valor obtenido de la relación entre peso/talla2	Kg/m2	Según clasificación por Resolución 2465 del 2016.
Síntomas gastrointestinales	Cualitativa nominal	Molestias o dolores en el tracto gastrointestinal causadas por bacterias, virus y algunos alimentos.	Presencia de síntomas medidos a través de la Escala de Síntomas Gastrointestinales (GRSG).	NA	1=Con algún síntoma 0 = Sin ningún síntoma
Altura de salto	Cuantitativa continua	Distancia vertical de un cuerpo a una superficie tomada como referencia	Altura alcanzada por el centro de masa del cuerpo durante el salto en la plataforma de fuerza	Centímetros (cm)	> 30 cm en deportistas

Anexo D. Resumen de resultados estadísticos

En este apartado se pueden observar los resultados estadísticos para todas las pruebas realizadas:

Tabla 9. Resultados estadísticos Tukey para la prueba FTP

Variable	Comparación	diff	lwr	upr	p_adj
Activación 1					
Tasa de trabajo (kJ)	LD-SB	-0,250	-4,968	4,468	0,990
	LE-SB	-1,625	-6,343	3,093	0,666
	LE-LD	-1,375	-6,093	3,343	0,746
Potencia normalizada (W)	LD-SB	-38,500	-125,721	48,721	0,517
	LE-SB	-61,000	-148,221	26,221	0,206
	LE-LD	-22,500	-109,721	64,721	0,794
Potencia máxima (W)	LD-SB	-40,750	-144,645	63,145	0,592
	LE-SB	-64,250	-168,145	39,645	0,285
	LE-LD	-23,500	-127,395	80,395	0,837
Potencia relativa (W/kg)	LD-SB	-0,700	-2,028	0,628	0,396
	LE-SB	-1,050	-2,378	0,278	0,139
	LE-LD	-0,350	-1,678	0,978	0,786
Frecuencia cardiaca (lpm)	LD-SB	2,500	-11,976	16,976	0,901
	LE-SB	0,000	-14,476	14,476	1,000
	LE-LD	-2,500	-16,976	11,976	0,901
Factor de eficiencia	LD-SB	-0,100	-0,426	0,226	0,723
	LE-SB	-0,075	-0,401	0,251	0,832
	LE-LD	0,025	-0,301	0,351	0,980
Activación 2					
Tasa de trabajo (kJ)	LD-SB	-2,625	-17,031	11,781	0,891
	LE-SB	-2,125	-16,531	12,281	0,927
	LE-LD	0,500	-13,906	14,906	0,996
Potencia normalizada (W)	LD-SB	-9,500	-57,432	38,432	0,872
	LE-SB	-13,750	-61,682	34,182	0,753
	LE-LD	-4,250	-52,182	43,682	0,973
Potencia máxima (W)	LD-SB	1,000	-94,409	96,409	1,000
	LE-SB	-13,750	-109,159	81,659	0,930
	LE-LD	-14,750	-110,159	80,659	0,920
Potencia relativa (W/kg)	LD-SB	-0,013	-1,342	1,317	1,000
	LE-SB	-0,213	-1,542	1,117	0,915
	LE-LD	-0,200	-1,529	1,129	0,924
Frecuencia cardiaca (lpm)	LD-SB	-4,750	-15,508	6,008	0,517
	LE-SB	-6,875	-17,633	3,883	0,263
	LE-LD	-2,125	-12,883	8,633	0,873
Factor de eficiencia	LD-SB	-0,025	-0,345	0,295	0,979
	LE-SB	-0,025	-0,345	0,295	0,979
	LE-LD	0,000	-0,320	0,320	1,000

Prueba FTP 20 min					
Tasa de trabajo (kJ)	LD-SB	-2,375	-44,394	39,644	0,989
	LE-SB	-4,125	-46,144	37,894	0,967
	LE-LD	-1,750	-43,769	40,269	0,994
Potencia normalizada (W)	LD-SB	5,750	-31,852	43,352	0,922
	LE-SB	-0,875	-38,477	36,727	0,998
	LE-LD	-6,625	-44,227	30,977	0,898
Potencia máxima (W)	LD-SB	90,875	-115,743	297,493	0,519
	LE-SB	-6,875	-213,493	199,743	0,996
	LE-LD	-97,750	-304,368	108,868	0,471
Potencia relativa (W/kg)	LD-SB	1,613	-1,635	4,860	0,437
	LE-SB	-0,150	-3,398	3,098	0,993
	LE-LD	-1,763	-5,010	1,485	0,375
Frecuencia cardiaca (lpm)	LD-SB	-6,125	-18,329	6,079	0,430
	LE-SB	-6,375	-18,579	5,829	0,402
	LE-LD	-0,250	-12,454	11,954	0,999
Factor de eficiencia	LD-SB	0,100	-0,176	0,376	0,639
	LE-SB	0,075	-0,201	0,351	0,775
	LE-LD	-0,025	-0,301	0,251	0,972

Leche descremada (LD); Sin bebida (SB); Leche entera (LE); Diferencia de medias (diff); Intervalos de confianza (lwr y upr); Valor p ajustado (p-aj)

Tabla 10. Resultados prueba t student para la glucosa en sangre

t student test (Welch Two Sample)					
Var	**Comparación**	**mean difference**	**t**	**df**	**pvalue**
LDGB	LEGB	3,750	0,557	7	0,595
LDG5	LEG5	11,250	1,656	7	0,142
LDG10	LEG10	5,125	1,306	7	0,233
LDG15	LEG15	7,875	1,990	7	0.087 **
LDG20	LEG20	3,375	0,664	7	0,528
LDGB	LDG5	-5.375	-0,934	7	0,3815
LDGB	LDG10	-7.375	-1,254	7	0,250
LDGB	LDG15	-9,125	-1,974	7	0,089 **
LDGB	LDG20	-10,875	-1,823	7	0,111
LEGB	LEG5	-12,875	-2,044	7	0,080 **
LEGB	LEG10	-8,750	-1,483	7	0,182
LEGB	LEG15	-13,250	-1,774	7	0,119
LEGB	LEG20	-10,500	-1,350	7	0,219

Leche descremada (LD); Leche entera (LE); Glucosa basal (GB); Glucosa 5 min (G5); Glucosa 10 min (G10); Glucosa 15 min (G15); Glucosa 20 min (G20); Diferencia de medias (mean difference); Valor t student (t); Grados de libertad (df); Valor p (p value); ** (p<0,1)

Tabla 11. Resultados prueba t student para el lactato en sangre

t student test (Welch Two Sample)					
Var	**Comparación**	**mean difference**	**t**	**df**	**pvalue**
LDLB	LELB	-0,200	-0,675	7	0,522
LDL5	LEL5	-0,913	-0,935	7	0,381
LDL10	LEL10	0,263	0,235	7	0,821
LDL15	LEL15	-0,113	-0,098	7	0,925
LDL20	LEL20	-0,300	-0,486	7	0,642
LDLB	LDL5	-3,713	-9,205	7	0,037 *
LDLB	LDL10	-4,088	-4,035	7	0,005 *
LDLB	LDL15	-3,663	-3,829	7	0,006 *
LDLB	LDL20	-6,938	-7,243	7	0,000 *
LELB	LEL5	-4,425	-4,009	7	0,005 *
LELB	LEL10	-3,625	-4,753	7	0,002 *
LELB	LEL15	-3,575	-4,695	7	0,002 *
LELB	LEL20	-7,038	-8,746	7	0,000 *

Leche descremada (LD); Leche entera (LE); Lactato basal (LB); Lactato 5 min (L5); Lactato 10 min (L10); Lactato 15 min (L15); Lactato 20 min (L20); Diferencia de medias (mean difference); Valor t student (t); Grados de libertad (df); Valor p (p value); * p < 0,05

Tabla 12. Resultados ANOVA para la prueba CMJ

Variable	Comparación	diff	SumSq	MeanSq	F value	Pr(>F)
AlturaSaltosFinales	AlturaSaltosIniciales	1	1477,0	1477,0	229,7	0,000 *
	Residuals	118	758,9	6,4		
TiempoSaltosFinales	TiempoSaltosIniciales	1	82270,0	82270,0	212,9	0,000 *
	Residuals	118	45588,0	386,0		
VelocidadSaltosFinales	VelocidadSaltosIniciales	1	2,0	2,0	214,5	0,000 *
	Residuals	118	1,1	0,0		

Grados de libertad del factor (Df); Suma de cuadrados (SumSq); Media de la suma de cuadrados (MeanSq); Valor del estadístico F (Fvalue); Valor p del estadístico F (Pr(>F)); * p<0,05

Tabla 13. Resultados Tukey para la prueba CMJ

Variable	Comparación	diff	lwr	upr	p_adj
Saltos iniciales					
Altura de vuelo (cm)	LD - SB	-0,395	-2,383	1,593	0,885
	LE - SB	0,400	-1,588	2,388	0,882
	LE - LD	0,795	-1,193	2,783	0,610
Tiempo de vuelo (ms)	LD - SB	-3,575	-19,782	12,632	0,860
	LE - SB	3,225	-12,982	19,432	0,884
	LE - LD	6,800	-9,407	23,007	0,581
Velocidad de vuelo (m/s)	LD - SB	-0,016	-0,095	0,063	0,884
	LE - SB	0,019	-0,060	0,098	0,839
	LE - LD	0,035	-0,044	0,113	0,555
Saltos finales					
Altura de vuelo (cm)	LD - SB	0,838	-1,462	3,137	0,664
	LE - SB	1,423	-0,877	3,722	0,310
	LE - LD	0,585	-1,714	2,884	0,818
Tiempo de vuelo (ms)	LD - SB	5,600	-11,787	22,987	0,725
	LE - SB	10,800	-6,587	28,187	0,307
	LE - LD	5,200	-12,187	22,587	0,758
Velocidad de vuelo (m/s)	LD - SB	0,029	-0,057	0,115	0,698
	LE - SB	0,055	-0,031	0,141	0,285
	LE - LD	0,026	-0,060	0,112	0,757

Leche descremada (LD); Sin bebida (SB); Leche entera (LE); Diferencia de medias (diff); Intervalos de confianza (lwr, upr); Valor p ajustado (p-aj)