



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

**EFFECTOS DEL CONSUMO DE BEBIDAS COMERCIALES
DE AVENA Y ALMENDRA PREVIO A UN ESFUERZO
FÍSICO DE RESISTENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO DE
CICLISTAS JUVENILES MASCULINOS ALTAMENTE
ENTRENADOS**

Andrés Julián Plazas Gómez

Universidad Nacional De Colombia
Facultad de Medicina, Departamento de Movimiento Corporal Humano
Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física
Bogotá, Colombia
2025

**EFFECTOS DEL CONSUMO DE BEBIDAS COMERCIALES
DE AVENA Y ALMENDRA PREVIO A UN ESFUERZO
FÍSICO DE RESISTENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO DE
CICLISTAS JUVENILES MASCULINOS ALTAMENTE
ENTRENADOS**

Andrés Julián Plazas Gómez

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

Magister en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física

Directora:

PhD. MSc. ND. Ligia Stella Guerrero Orjuela

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 de Movimiento Corporal Humano

Bogotá, Colombia

2025

Dedicatoria

A mi amor, deseo y pasión.

A quien decidió ser uno conmigo, quien, en la penumbra más oscura, vio brillo en mí y quiso compartir el resto de su vida a mi lado.

Quien, a pesar de mis defectos y vacíos, vio una realidad mejor. Quien, con infinita paciencia y comprensión, me dio energía para crecer, aliento para seguir y amor para nutrirme.

A la mujer que, con ternura inconmensurable cultivo en mí, virtudes que pensé había perdido, a la mujer que quiso aprender de mí cuando no pensé que tuviera nada que enseñar, a quien en gran medida este logro, entre muchos otros, fue posible.

Gracias por dejarme ser tuyo y querer ser mía. Gracias por ser. Aku.

Agradecimientos

Al excelente grupo de jóvenes ciclistas de los distintos municipios de Cundinamarca, que tuvieron la dedicación, compromiso y paciencia para ayudarnos a llevar a cabo la fase experimental (Andres, Carlos, Christian, Esteban, Kevin, Luis, Sergio y Thomas)

Al profesor Diego Melgarejo, los entrenadores Jhon Fredy Ñunez, Cristian Castillo y Nicolas Medrano, al IMDR de Tocancipá y la Universidad U.D.C.A por su apoyo en el reclutamiento, tamizaje y acompañamiento de los deportistas, el apoyo teórico, técnico y práctico, y por los espacios y equipos suministrados. A la profesora Ligia Guerrero, por su acompañamiento.

A Viviana por todos los contactos, apoyos y aclaraciones en el proceso. A Jeny por su apoyo y ayuda con los equipos. A Cata y David por siempre estar pendientes de cómo iba todo. A Juan por estar presente en todo y para todo, por el interés genuino y el apoyo desinteresado. A Valentina por su dedicado trabajo y apoyo en la fase experimental y el meticuloso seguimiento al ensayo doble ciego cruzado.

A, D y D por sus consejos y contarme de sus experiencias. A Laura, quien estuvo firme durante toda la tormenta y a tu papa por la ayuda en el procesamiento de datos.

Finalmente, al lector de este trabajo, que por compromiso o interés tiene en sus manos el documento. Espero este sea un grano más en la construcción y fortalecimiento del Nutricionista Dietista en el Deporte, su posicionamiento en el equipo de trabajo multidisciplinar y la literatura en el campo en Colombia, Latinoamérica y el mundo.

Resumen

Título: EFECTOS DEL CONSUMO DE BEBIDAS COMERCIALES DE AVENA Y ALMENDRA PREVIO A UN ESFUERZO FÍSICO DE RESISTENCIA SOBRE EL RENDIMIENTO DE CICLISTAS JUVENILES MASCULINOS ALTAMENTE ENTRENADOS.

Introducción: El rendimiento en deportes de resistencia depende de la integración de diversos factores fisiológicos y nutricionales. En el ciclismo, la utilización óptima de sustratos energéticos, la eficiencia cardiovascular y la capacidad neuromuscular son determinantes para alcanzar altos niveles de rendimiento. Las intervenciones nutricionales con bebidas vegetales se han propuesto como estrategias para mejorar estos aspectos, ya que pueden influir en la disponibilidad de energía y en la tolerancia gastrointestinal durante el ejercicio. **Objetivo:** Evaluar el efecto del consumo de bebidas comerciales de avena y almendra previo a un esfuerzo físico de resistencia sobre el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados. **Metodología:** 8 ciclistas completaron todas las fases del estudio, aplicándose rigurosos criterios de inclusión y exclusión basados en la adherencia al protocolo, entrenamiento gastrointestinal (GI) y estabilidad física. El estudio se desarrolló en tres sesiones experimentales. En la primera sesión (basal), los participantes realizaron pruebas de umbral funcional de potencia (FTP) y salto contra movimiento (CMJ por su siglas en inglés), sin consumo de bebida ni recolección de marcadores bioquímicos. En la segunda y tercera sesión, se repitieron las pruebas de FTP y CMJ bajo condiciones de restricción alimentaria controlada. Durante la prueba FTP, se tomaron muestras capilares de glucosa y lactato en cinco momentos. Además, se evaluaron síntomas gastrointestinales (GI) antes del inicio y al finalizar la prueba de CMJ. La asignación de las bebidas de intervención (avena o almendra) se realizó de forma aleatorizada. **Resultados:** En el análisis global de FTP, las variables de Tasa de Trabajo, Potencia Relativa, Potencia Normalizada y Frecuencia Cardíaca no presentaron diferencias significativas entre las condiciones basal, bebida de almendra y bebida de avena. No obstante, se observó una tendencia a mejorar la Potencia Máxima (PotMax) y el Factor de Eficiencia (FactEf) con la bebida de avena. Los datos de CMJ (Vuelo, Altura y Velocidad) fueron similares en las condiciones con bebida y basal. Se detectaron diferencias significativas entre los saltos iniciales y finales, reflejando efectos del protocolo de ejercicio, pero la intervención nutricional no alteró de forma directa la capacidad explosiva evaluada. Tanto los niveles de glucosa como los de lactato se mantuvieron estables o mostraron una progresión típica durante la prueba FTP. La mayoría de los ciclistas no presentó síntomas adversos; los pocos casos reportados se atribuyeron a la ingesta rápida de la bebida, lo que pudo estar influenciado por el entrenamiento GI previo que permitió a los deportistas adaptarse a la ingesta acelerada de líquidos densos. Se tuvo en cuenta el estadio de maduración por medio del pico de velocidad de crecimiento (PVC) de los participantes al contextualizar la variabilidad interindividual en las respuestas. **Conclusión:** La ingesta de bebida de avena se mostró segura y potencialmente beneficiosa para ciclistas jóvenes entrenados: no comprometió la estabilidad del rendimiento ni la respuesta metabólica (glucosa y lactato permanecieron estables) y evidenció tendencias favorables en PotMax y FactEf durante esfuerzos intensos; sin embargo, estas conclusiones son preliminares y deben interpretarse considerando las diferencias temporales en la respuesta glucémica de las bebidas y el estadio de maduración y PVC de los participantes. **Palabras clave:** Rendimiento deportivo, bebida vegetal, avena, almendra, ciclismo, FTP, CMJ, PVC, nutrición deportiva, glucosa, lactato, síntomas gastrointestinales.

Abstract

Title: EFFECTS OF CONSUMPTION OF COMMERCIAL OAT AND ALMOND BEVERAGES PRIOR TO ENDURANCE EXERTION ON THE PERFORMANCE OF HIGHLY TRAINED MALE JUVENILE CYCLISTS.

Introduction: Performance in endurance sports depends on the integration of various physiological and nutritional factors. In cycling, optimal utilization of energy substrates, cardiovascular efficiency, and neuromuscular capacity are crucial for achieving high levels of performance. Nutritional interventions with plant-based beverages have been proposed as strategies to improve these aspects, as they can influence energy availability and gastrointestinal tolerance during exercise.

Objective: To evaluate the effect of consuming commercial oat and almond drinks prior to endurance exercise on the performance of highly trained junior male cyclists.

Methodology: 8 cyclists completed all phases of the study, with rigorous inclusion and exclusion criteria based on protocol adherence, gastrointestinal (GI) training, and physical stability. The study was conducted in three experimental sessions. In the first (baseline) session, participants performed functional threshold power (FTP) and counter-movement jump (CMJ) tests without drinking or collecting biomarkers. In the second and third sessions, the FTP and CMJ tests were repeated under controlled food restriction conditions. During the FTP test, capillary glucose and lactate samples were collected at five time points. In addition, gastrointestinal (GI) symptoms were assessed before the start and at the end of the CMJ test. Participants were randomly assigned to the intervention beverages (oat or almond).

Results: In the overall FTP analysis, the Work Rate, Relative Power, Normalized Power, and Heart Rate variables did not present significant differences between the basal, almond, and oat conditions. However, a trend toward improved Maximum Power (PotMax) and Efficiency Factor (FactEf) was observed with the oat drink. CMJ (Flight, Height, and Velocity) data were similar between the oat drink and basal conditions. Significant differences were detected between the initial and final jumps, reflecting the effects of the exercise protocol, but the nutritional intervention did not directly alter the assessed explosive capacity. Both glucose and lactate levels remained stable or showed a typical progression during the FTP test. Most cyclists did not present adverse symptoms; the few reported cases were attributed to the rapid ingestion of the drink, which could have been influenced by prior GI training, which allowed the athletes to adapt to the accelerated ingestion of dense liquids. The stage of maturation was considered through the peak height velocity (PHV) of the participants to contextualize the interindividual variability in the responses. **Conclusion:** Oat beverage ingestion was shown to be safe and potentially beneficial for young, trained cyclists: it did not compromise performance stability or metabolic response (glucose and lactate remained stable) and showed favorable trends in PotMax and FactEf during intense efforts; however, these conclusions are preliminary and should be interpreted considering the temporal differences in glycemic response to the beverages and the maturation stage and PHV of the participants.

Keywords: Sports performance, plant-based beverage, oats, almonds, cycling, FTP, CMJ, PHV, sports nutrition, glucose, lactate, gastrointestinal symptoms.

Contenido

	Pág.
LISTA DE TABLAS	XIV
LISTA DE ILUSTRACIONES	XVI
LISTA DE FIGURAS	XVI
LISTA DE ANEXOS	XVII
1 INTRODUCCION	1
2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	3
3 JUSTIFICACION	4
4 OBJETIVOS.....	5
4.1 OBJETIVO GENERAL	5
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
5 HIPÓTESIS.....	6
5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	6
5.2 HIPÓTESIS ALTERNA.....	6
6 MARCO CONCEPTUAL	7
6.1 IMPORTANCIA DE LOS CARBOHIDRATOS	7
6.2 USO DE LOS CARBOHIDRATOS PRE ENTRENAMIENTO Y EN COMPETENCIA.....	7
6.3 ENTRENAMIENTO NUTRICIONAL Y SINTOMAS GASTROINTESTINALES	11
6.4 BEBIDAS VEGETALES.....	12
6.5 AVENA.....	14
6.5.1 BEBIDA VEGETAL DE AVENA.....	17
6.6 ALMENDRA	21
6.6.1 BEBIDA VEGETAL DE ALMENDRA	22
6.7 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE MADURACIÓN EN DEPORTISTAS ADOLESCENTES	24
6.8 EVALUACION DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN DEPORTES DE RESISTENCIA.....	26
6.8.1 ERGOESPIROMETRÍA.....	26
6.8.2 PRUEBA DE UMBRAL FUNCIONAL DE POTENCIA (FTP)	27

6.8.3 SALTO CONTRA MOVIMIENTO (CMJ)	29
6.8.4 MEDICIÓN DE LACTATO EN DEPORTE Y ACTIVIDAD FÍSICA	30
6.8.5 MEDICIÓN DE GLUCOSA	32
7 METODOLOGÍA.....	34
7.1 TIPO DE ESTUDIO.....	34
7.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO.....	34
7.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN.....	34
7.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN	35
7.2.3 TAMAÑO MUESTRAL.....	35
7.2.4 SELECCIÓN DE PARTICIPANTES Y DETERMINACIÓN DE MUESTRA FINAL.....	36
7.3 SELECCIÓN DE LAS BEBIDAS COMERCIALES DE AVENA Y ALMENDRA	37
7.4 CONSIDERACIONES ETICAS	39
7.4.1 CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO INFORMADO	40
7.4.2 CONFLICTO DE INTERES	40
7.5 FASES DEL ESTUDIO.....	40
7.5.1 FASE I. FASE INICIAL.....	41
7.5.2 FASE II. FASE EXPERIMENTAL.....	43
7.6 VARIABLES	52
7.7 INSTRUMENTOS	52
7.8 PROCESAMIENTO DE DATOS.....	53
8 RESULTADOS	54
8.1 TAMAÑO MUESTRAL.....	54
8.2 FASE I. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN	56
8.3 FASE I. CARACTERISTICAS FISIOLÓGICAS DE LA POBLACIÓN.....	58
8.4 FASE II. VARIABLES ANALIZADAS.....	59
8.4.1 PRUEBA FTP	59
8.4.2 CMJ.....	68
8.4.3 GLUCOSA.....	71
8.4.4 LACTATO	74
8.4.5 SINTOMAS GASTROINTESTINALES	77
9 DISCUSIÓN.....	79
9.1 CARACTERISTICAS GENERALES Y FISIOLÓGICAS DE LA POBLACIÓN..	79

9.2 PRUEBA FTP	80
9.3 CMJ.....	89
9.4 GLUCOSA	91
9.5 LACTATO.....	95
9.6 SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES	96
10 CONCLUSIONES	98
11 LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES	99
12 BIBLIOGRAFÍA.....	102
ANEXOS	117

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Carbohidratos: necesidades diarias y recuperación	9
Tabla 2. Estrategias agudas de carga de Carbohidratos	9
Tabla 3. Pautas para la ingesta de carbohidratos durante la actividad deportiva	11
Tabla 4. Variables en FTP	28
Tabla 5. Comparación de Valores Nutricionales de Hojuela de Avena, Bebida de Avena, Almendra y Bebida de Almendra (por 100 g o 100 ml)	38
Tabla 6. Perfil de Aminoácidos aproximado de bebidas de Avena y Almendra	39
Tabla 7. Comportamiento de la Potencia del Tamaño Muestral.	54
Tabla 8. Características Generales de la Población	57
Tabla 9. Pico de Velocidad de Crecimiento.....	58
Tabla 10. Variables Fisiológicas Medidas en Ergoespirometría.....	59
Tabla 11. Estadísticos Descriptivos de la Activación I.....	59
Tabla 12. Prueba ANOVA para la Activación I	60
Tabla 13. Prueba TUKEY para la Activación I.....	61
Tabla 14. Estadísticos Descriptivos de la Activación II.....	62
Tabla 15. Prueba ANOVA para la Activación II	63
Tabla 16. Prueba TUKEY para la Activación II.....	63
Tabla 17. Estadísticos Descriptivos de la prueba FTP.....	65
Tabla 18. Prueba ANOVA para la prueba FTP	66
Tabla 19. Prueba TUKEY para la prueba FTP.....	66
Tabla 20. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Vuelo.....	69
Tabla 21. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Vuelo.....	69
Tabla 22. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Vuelo.....	69
Tabla 23. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Vuelo.....	70
Tabla 24. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas sin Bebidas en Vuelo.....	70
Tabla 25. Estadísticos Descriptivos de Medición de Glucosa.....	72
Tabla 26. Prueba Fisher para Medición de Glucosa	73
Tabla 27. Prueba T Student para Medición de Glucosa	73
Tabla 28. Estadísticos Descriptivos de Medición de Lactato.....	74
Tabla 29. Prueba Fisher para Medición de Lactato	75
Tabla 30. Prueba T Student para Medición de Lactato.....	76
Tabla 31. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Altura	134

Tabla 32. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Altura	134
Tabla 33. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Altura	134
Tabla 34. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Altura	134
Tabla 35. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas sin Bebidas en Altura	134
Tabla 36. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Velocidad	135
Tabla 37. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Velocidad	135
Tabla 38. . Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Velocidad	136
Tabla 39. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Velocidad	136
Tabla 40. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas sin Bebidas en Velocidad	136
Tabla 41. Formato de Encuesta de Síntomas Gastrointestinales para Bebida de Almendra	138
Tabla 42. Formato de Encuesta de Síntomas Gastrointestinales para Bebida de Avena	138

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. Marco para la periodización de carbohidratos en función de las demandas de la próxima sesión de ejercicio.....	8
Ilustración 2. Proceso convencional de producción de bebidas vegetales. ...	14
Ilustración 3. Esquema de un grano de avena.....	17
Ilustración 4. Anatomía del Fruto del Almendro (Prunus Dulcis).....	21
Ilustración 5. Prueba CPET.....	27
Ilustración 6. Fases del CMJ: Descarga de Peso, Frenado, Propulsión, Vuelo y Aterrizaje.....	30
Ilustración 7. Prueba Incremental y Progresión de FC en prueba.....	42
Ilustración 8. Pesaje, marcado de volumen y adecuación de recipiente para ensayo doble ciego cruzado.....	47

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Selección de Muestra del Estudio y Determinación de Muestra Final.....	37
Figura 2. Diagrama de Fases de Ejecución de Estudio.....	40
Figura 3. Orden de ejecución de la fase experimental con bebidas.	51
Figura 4. Potencia de la Prueba del Tamaño Muestral.....	55
Figura 5. Recordatorio de 24 horas diligenciado con cálculo de gramos de carbohidratos y proteína por Kg de peso.....	56
Figura 6. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación I para TasaTrab, PotRel y FC.....	62
Figura 7. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación I para PotNor, PotMax y FactEf.....	62
Figura 8. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación II para TasaTrab, PotRel y FC.....	64
Figura 9. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación II para PotNor, PotMax y FactEf.....	65
Figura 10. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba FTP para TasaTrab, PotRel y FC.....	67
Figura 11. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba FTP para PotNor, PotMax y FactEf.....	68
Figura 12. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba CMJ saltos iniciales y finales en Vuelo.....	71
Figura 13. Comportamiento de glucosa según bebida prueba FTP.....	72

Figura 14. Gráficos de cajas y Bigotes de Medición de Glucosa	74
Figura 15. Comportamiento de lactato según bebida prueba FTP	75
Figura 16. Gráficos de cajas y Bigotes de Medición de Lactato	77
Figura 17. Incidencia de Síntomas Gastrointestinales por Bebida	78
Figura 18. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba CMJ saltos iniciales y finales en Altura	135
Figura 19. Gráficos de cajas y Bigotes de la prueba CMJ para saltos iniciales y finales	137

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. CURVAS DE CRECIMIENTO PARA POBLACIÓN COLOMBIANA MASCULINA DE EDADES 5 A 17 AÑOS	117
Anexo 2. CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO INFORMADO	118
Anexo 3. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE PRUEBA EN CAMPO	124
Anexo 4. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN Y CALCULO DE RECORDATORIO DE 24 HORAS	126
Anexo 5. FLYER DE APOYO PARA RESTRICCIONES ALIMENTARIAS	127
Anexo 6. FLYER's DE APOYO PARA CITACIÓN DE CICLISTAS A PRUEBAS	128
Anexo 7. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES	130
Anexo 8. MAPA CONCEPTUAL MARCO TEÓRICO	133
Anexo 9. TABLAS Y GRÁFICOS ADICIONALES DE PRUEBA CMJ PARA ALTURA Y VELOCIDAD	134
Anexo 10. TABLAS DE SISTEMATIZACIÓN DE RESPUESTAS DE ENCUESTA DE SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES	138
Anexo 11. CURVAS DE GLUCOSA DE 2 HORAS DE 4 TOMAS.	139

1 INTRODUCCION

La bicicleta en Colombia es un símbolo de fuerza y resiliencia, símbolo que acortó distancias, acercó polos, limó asperezas, creó ídolos y unió al país, creando vínculos con los colombianos, particularmente con la clase obrera y trabajadora por su economía y versatilidad como medio de transporte de uso diario para desplazarse hacia y desde el trabajo, hogar o escuela. Debido a su presencia en múltiples ámbitos sociales, cuenta con una gran aceptación por parte de la comunidad colombiana en general, trascendiendo la esfera del público general y la del transporte, hacia el deporte del ciclismo.

El éxito de los ciclistas amateurs en la década de los 80 en competencias internacionales, antes exclusivas para profesionales locales, ha generado nuevas glorias del ciclismo y un gran reconocimiento global de los mismos, lo que ha impulsado el surgimiento de más escuelas de formación y semilleros a nivel nacional, departamental, por ciudad, por localidad, privado, público y universitario (“Bicicletario,” 2015). Los futuros campeones del ciclismo tienen hoy en día una amplia variedad de orígenes y espacios de formación, lo que ha fortalecido aún más la rama masculina en el país y ha permitido el desarrollo de la rama femenina. A su vez, diversos profesionales aportan su conocimiento para contribuir a la formación, desarrollo y mejora de los ciclistas colombianos. En particular, desde el área de la salud, y específicamente desde la nutrición y dietética, se buscan estrategias para mejorar el rendimiento, el proceso de adaptación y recuperación de los ciclistas.

Por ende, debido al aumento en la demanda de opciones de alimentación que no involucren el consumo de alimentos de origen animal por motivos éticos, morales y religiosos, entre otros aspectos (Larson-Meyer, 2018) así como el aumento de intolerancias a alimentos de origen animal (Jensen et al., 2022), se busca identificar posibles mejoras en el rendimiento deportivo de ciclistas jóvenes altamente entrenados, a través del consumo de bebidas vegetales antes de un esfuerzo físico de resistencia siendo su propio control. Esto permitiría identificar otras opciones alimentarias que permitan una mejora en el rendimiento deportivo, ampliando el abanico de alimentos disponibles y profundizar en la personalización del tratamiento nutricional y dietético de cada ciclista.

2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las ayudas ergogénicas y los suplementos dietéticos son fundamentales en la optimización del rendimiento deportivo, especialmente en disciplinas de resistencia como el ciclismo. Estas intervenciones nutricionales buscan mejorar la capacidad física, retrasar la fatiga y acelerar la recuperación. Entre los suplementos más destacados se encuentran los carbohidratos, cuya ingesta adecuada es esencial para mantener niveles óptimos de glucosa en sangre y preservar las reservas de glucógeno intramuscular, factores determinantes en el rendimiento de los atletas (Lopez-Grueso, 2019; Muros et al., 2022).

Estudios recientes han demostrado que el consumo estratégico de carbohidratos puede mejorar significativamente la resistencia y el desempeño en competencias de larga duración. Por ejemplo, una revisión sistemática sobre la suplementación con hidratos de carbono en ciclistas concluyó que su ingesta adecuada mejora el rendimiento y la recuperación en esta disciplina (Calderay Mora, 2020). Este enfoque nutricional resalta la importancia de las ayudas ergogénicas en el deporte desde el rango amateur hasta el alto rendimiento. La combinación de una suplementación nutricional adecuada, un entrenamiento deportivo bien estructurado y una planificación alimentaria óptima puede marcar la diferencia entre el éxito y el fracaso en el rendimiento competitivo (Benito Peinado et al., 2014).

La avena es reconocida por su alto contenido en hidratos de carbono complejos, los cuales se caracterizan por una liberación sostenida de energía debido a su moderado índice glucémico¹ (IG) (Paudel et al., 2021). Esta propiedad la convierte en un alimento ideal para deportistas que requieren mantener un rendimiento constante durante largos periodos. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones se han centrado en el consumo de avena en su forma de cereal u hojuela, como parte de desayunos o comidas principales, dejando un

¹ El índice glucémico cuantifica la respuesta glucémica e insulinémica a los hidratos de carbono ingeridos en los diferentes alimentos comparándola con la respuesta de un alimento de referencia, habitualmente, pan blanco o glucosa. El IG representa la calidad del carbohidrato consumido. La carga glucémica (CG) es el producto matemático del IG por la cantidad consumida y estima el efecto glucémico total de la dieta (Hernández et al., 2013).

vacío en el conocimiento respecto a los efectos de su consumo como bebida en el rendimiento deportivo (Zeng et al., 2020).

Simultáneamente, la almendra como fruto seco, reporta beneficios cardiovasculares, a la microbiota intestinal, además de posibles mejoras en rendimiento en deportistas de resistencia. Aunque la bebida de almendra ha ganado presencia en el mercado como alternativa vegetal, ya que posee bajo contenido de carbohidratos totales, perfil lipídico y proteico particular, así como buena tolerabilidad gastrointestinal; su eficacia como ayuda ergogénica en pruebas y competencias de alta demanda y deportes de resistencia apenas ha sido explorada (Gita & Dianah, 2021; Moraleja et al., 2015; Singar et al., 2024; Yi et al., 2014).

En Europa, América y Asia, el consumo de bebidas vegetales de avena y almendra ha crecido notablemente, pero las recomendaciones específicas para deportistas carecen de sustento científico o académico. Además, la variedad de formulaciones comerciales, con diferencias en macronutrientes y aditivos, añade complejidad a su evaluación (Aandahl et al., 2021; Lopez-Grueso, 2019; Muros et al., 2022).

Además, es importante considerar que la composición nutricional de las bebidas de avena y almendra puede variar según el proceso de elaboración, legislación, procesos locales y las marcas comerciales, lo que podría influir en su eficacia como fuente de carbohidratos para deportistas (Chen, 2020; Sepúlveda, 2016).

Por lo tanto, es fundamental investigar no solo los efectos generales de su consumo en el rendimiento deportivo, sino también analizar cómo diferentes formulaciones de las bebidas pueden impactar en los resultados durante el entrenamiento y competencia. Un primer paso hacia la expansión de este conocimiento, se da con el presente trabajo investigativo.

2.1 PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

¿Cuál es el efecto del consumo de bebidas comerciales de avena y almendra previo a un esfuerzo físico de resistencia sobre el rendimiento de ciclistas masculinos jóvenes altamente entrenados?

3 JUSTIFICACION

La importancia de esta investigación radica en la necesidad de mejorar el rendimiento deportivo en futuros atletas de alto nivel de disciplinas de resistencia, en el amplio abanico de grupos etarios en competencia (Lopez-Grueso, 2019).

En razón al aumento en la demanda de nuevas opciones de alimentación que no involucren el consumo de alimentos de origen animal por motivos variados, así como el aumento de intolerancias a alimentos de origen animal se busca identificar posibles mejoras en el rendimiento deportivo de ciclistas altamente entrenados a través de bebidas vegetales, como las bebidas comerciales de avena y almendra en base a su contenido de carbohidratos y propiedades intrínsecas (Larson-Meyer, 2018; Moraleja et al., 2015). Se sabe sobre la gran importancia de los carbohidratos como fuente de energía durante el ejercicio de alta intensidad y larga duración, su importancia y como afecta el desempeño de los deportistas durante el entrenamiento y competencia desde hace varias décadas. Gracias a su importancia y complejidad aun en la investigación actual se sigue descubriendo y documentando hallazgos importantes sobre el mejor uso posible, que tienen encuentran detalles y matices desde el tipo de carbohidrato, pasando por el tipo y modalidad de deporte hasta la individualidad intrínseca y única del deportista (Gómez et al., 2023; Podlogar & Wallis, 2022). Aunado a la gran popularidad actual de las bebidas vegetales como alternativas a la leche y bebidas deportivas convencionales, debido a su contenido nutricional y propiedades saludables (Moraleja et al., 2015).

Varios estudios han examinado el efecto de la ingesta de carbohidratos en bebidas deportivas convencionales en el rendimiento físico en atletas (Burke et al., 2012; Cui et al., 2023; Jeukendrup, 2013; Paul et al., 2020; Tan et al., 2021). Sin embargo, existe poca evidencia investigativa sobre el impacto en el rendimiento físico de los ciclistas entrenados previo a un esfuerzo físico en donde se analice el efecto de los carbohidratos presentes en la bebida vegetal de avena o la de almendra.

Esta investigación tiene implicaciones prácticas importantes para los atletas, entrenadores y profesionales de la salud, ya que podría proporcionar información valiosa sobre el uso de las bebidas mencionadas como estrategia nutricional para mejorar el rendimiento físico en

atletas de resistencia altamente entrenados (Lopez-Grueso, 2019; Muros et al., 2022). A su vez contribuirá al desarrollo de nuevo conocimiento en las áreas de la nutrición deportiva, bebidas vegetales, efectos de las bebidas comerciales de avena y almendra en la actividad física y deporte, y mejorar el contenido local e internacional de bases de datos en los temas mencionados.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto del consumo de bebidas comerciales de avena y almendra previo a un esfuerzo físico de resistencia sobre el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados, residentes en Cundinamarca, Colombia.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Analizar la relación entre la ingesta de bebidas comerciales de avena y almendra y los parámetros de rendimiento físico (FTP, CMJ) y metabólicos (glucosa, lactato).
2. Comparar el efecto de las bebidas comerciales de avena y almendra sobre el rendimiento en pruebas de resistencia y capacidad explosiva.
3. Identificar los efectos gastrointestinales asociados al consumo de bebidas comerciales de avena y almendra y su posible relación con el rendimiento deportivo.

5 HIPÓTESIS

5.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

El consumo de bebidas comerciales de avena y almendra genera un efecto positivo en el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados residentes de Cundinamarca, Colombia, durante un esfuerzo físico de resistencia con una duración de 45 minutos a intensidad media en altura media.

5.2 HIPÓTESIS ALTERNA

El consumo de bebidas comerciales de avena y almendra no genera cambios sobre el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados residentes de Cundinamarca, Colombia, durante un esfuerzo físico de resistencia con una duración de 45 minutos a intensidad media en altura media.

6 MARCO CONCEPTUAL

6.1 IMPORTANCIA DE LOS CARBOHIDRATOS

A pesar de más de un siglo de investigaciones nutricionales sobre carbohidratos, el metabolismo del ejercicio y el rendimiento de resistencia, la investigación actual aún sigue generando numerosos e importantes descubrimientos en estos campos, desde distintas perspectivas de uso y aplicación, gracias a la gran cantidad de matices y variables a tener en cuenta, y generando una proyección práctica de un futuro horizonte lleno de más descubrimientos igualmente relevantes (Podlogar & Wallis, 2022).

Se ha sugerido que el consumo de carbohidratos previo al ejercicio, actividad física o entrenamiento, puede mejorar el rendimiento en ejercicios de resistencia prolongados, como el ciclismo (Jeukendrup, 2011). Igualmente, se conoce desde hace décadas que el estado de las reservas de carbohidratos previas al ejercicio, puede influir en la capacidad y desempeño del mismo, teniendo en cuenta que el consumo de carbohidratos antes del ejercicio aumenta la disponibilidad de glucógeno hepático e intramuscular y puede mejorar el rendimiento debido a la oxidación y mejor uso de este sustrato energético frente a otros. Ya que la capacidad de almacenar glucógeno muscular aumenta con la mejora del estado de entrenamiento, las concentraciones de glucógeno muscular pueden aumentar significativamente en poblaciones altamente entrenadas, con una correcta estrategia de alimentación que trabaje en sintonía con el plan de entrenamiento del atleta (Cermak & Van Loon, 2013; Podlogar & Wallis, 2022).

6.2 USO DE LOS CARBOHIDRATOS PRE ENTRENAMIENTO Y EN COMPETENCIA

Gracias al dinamismo del tema en el campo científico, hoy en día se siguen investigando sobre el “mejor” uso de los carbohidratos antes, durante y después de competencia para la mejora del rendimiento y recuperación de atletas. En esta búsqueda se han establecido mejoras significativas en el uso de carbohidratos desde la fuente, combinación de fuentes, momento de consumo y carga de trabajo o demanda física posterior al consumo, entre otros aspectos. En la ilustración 1 es posible identificar a detalle la periodización de carbohidratos en función de las demandas de la próxima sesión de ejercicio (Podlogar & Wallis, 2022).

Ilustración 1. Marco para la periodización de carbohidratos en función de las demandas de la próxima sesión de ejercicio.

EXERCISE INTENSITY DOMAIN DURATION		Moderate (i.e., below LT1)			Heavy (i.e., in between LT1 and CP/MLSS/LT2)			Severe (i.e., above CP/MLSS/LT2)		
		<90 minutes	BEFORE	Low to Moderate	Moderate to High	Commencing exercise session with sufficient muscle glycogen stores is essential				
DURING	No carbohydrates required during training sessions		CHO intake recommended if CHO availability before session limited	Aggressive feeding not recommended; smaller quantities including mouth rinsing advised						
>90 minutes	BEFORE	Moderate to High	High	High						
	DURING	Moderate to High	High	High						

Framework for carbohydrate periodization based on the demands of the upcoming exercise session. Exercise intensity domain selection refers to the highest intensity attained during the exercise session. The exact carbohydrate requirements are to be personalized based on the expected energy demands of each exercise session. CHO carbohydrates, CP critical power, LT1 lactate threshold 1, LT2 lactate threshold 2, MLSS maximal lactate steady state

Fuente: (Podlogar & Wallis, 2022)

La anterior ilustración, complementa en gran medida lo establecido por la posición internacional sobre sincronización o "timing" de nutrientes en el deporte respecto al uso pre competencia de carbohidratos (además de otros nutrientes y tiempos de competición) en donde se proporciona los g/Kg/día a consumir, incluso teniendo en cuenta aquellas competencias en las que las transiciones entre etapas son menores a cuatro horas, se proponen los g/Kg/h a consumir incluso teniendo en cuenta el índice glucémico (IG) del carbohidrato a consumir (Kerksick et al., 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior se invita al lector a utilizar las tablas 1 y 2 como apoyo en la carga y periodización de carbohidratos en la actividad física. En ellas se explica en detalle cómo establecer la mejor estrategia de manejo de carbohidratos en el deporte teniendo en cuenta el tipo de demanda, situación o evento, los carbohidratos necesarios y comentarios o sugerencias útiles sobre el tipo y momento de ingesta.

La tabla 1 se enfoca en las necesidades diarias y recuperación.

Tabla 1. Carbohidratos: necesidades diarias y recuperación

Demanda	Situación	Carbohidratos Objetivo	Comentarios sobre el tipo y el momento de la ingesta de carbohidratos
Ligera	Actividades de baja intensidad o basadas en habilidades	3–5 g kg por día	<ul style="list-style-type: none"> El horario de ingesta puede elegirse para facilitar una recarga rápida o para proporcionar energía durante las sesiones de entrenamiento. De lo contrario, siempre que se cubran todas las necesidades de energía, el patrón de ingesta puede simplemente guiarse por la conveniencia y la elección individual. Los alimentos o combinaciones de comidas ricos en proteínas y carbohidratos permitirán al atleta alcanzar otros objetivos de nutrición deportiva agudos o crónicos.
Moderada	Programa de ejercicio moderado (al menos, 1 h al día)	5–7 g kg por día	
Alta	Programa de resistencia (p. ej., ejercicio de intensidad moderada a alta de 1 a 3 horas al día)	6–10 g kg por día	
Muy Alta	Compromiso extremo (p. ej., ejercicio de intensidad moderada a alta durante 4 a 5 horas al día)	8–12 g kg por día	
Estas recomendaciones generales deben ajustarse teniendo en cuenta individualmente las necesidades energéticas totales, las necesidades de entrenamiento específicas y la retroalimentación del rendimiento del entrenamiento.			

Fuente: Adaptado de (Burke et al., 2012; Thomas et al., 2016).

La tabla 2 se enfoca en estrategias agudas para carga de carbohidratos en momento específicos.

Tabla 2. Estrategias agudas de carga de Carbohidratos

Demanda	Situación	Carbohidratos Objetivo	Comentarios sobre el tipo y el momento de la ingesta de carbohidratos
Carga General	Preparación para eventos <90 min de ejercicio	7–12 g kg por 24 h de acuerdo a necesidades diarias.	<ul style="list-style-type: none"> Los atletas pueden elegir fuentes ricas en carbohidratos que sean bajas en fibra y residuos y fáciles de consumir para garantizar que se cumplan los objetivos de combustible y para alcanzar los objetivos de comodidad
Carga de Carbohidratos	Preparación para eventos >90 min de ejercicio sostenido/intermitente	36–48 h de 10–12 g kg de masa corporal por 24 h	

<p>Reabastecimiento rápido</p>	<p><8 h de recuperación entre dos sesiones que demandan mucho combustible</p>	<p>1,0–1,2 g kg h durante las primeras 4 h y luego reanudar las necesidades diarias.</p>	<p>intestinal o un "peso de carrera" más ligero.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede haber beneficios en consumir pequeños refrigerios con regularidad, como adaptación a cargas, volúmenes o uso en horarios específicos o extendidos. • Los alimentos y bebidas compactos y ricos en carbohidratos pueden ayudar a garantizar que se alcancen los objetivos de combustible. • El momento, la cantidad y el tipo de alimentos y bebidas con carbohidratos deben elegirse para adaptarse a las necesidades prácticas del evento y las preferencias/experiencias individuales. • Es posible que sea necesario evitar las opciones ricas en grasas, proteínas y fibra para reducir el riesgo de problemas gastrointestinales durante el evento. • Las opciones con un IG bajo pueden proporcionar una fuente de combustible más sostenida para situaciones en las que no se pueden consumir carbohidratos durante el ejercicio.
<p>Carga Pre-Evento</p>	<p>Antes del ejercicio >60 min</p>	<p>1–4 g kg consumidos 1–4 h antes del ejercicio</p>	
<p>Estas pautas promueven una alta disponibilidad de carbohidratos para promover un rendimiento óptimo en la competencia o sesiones de entrenamiento clave.</p>			

Fuente: Adaptado de (Burke et al., 2012; Thomas et al., 2016).

En la tabla 3 es posible encontrar indicaciones para el uso de carbohidratos según el requerimiento o demanda por tipo de deporte o ejercicio y su duración

Tabla 3. Pautas para la ingesta de carbohidratos durante la actividad deportiva

Type of sport/ Exercise	Duration	Carbohydrate Target	Comments
Brief exercise	<45 min	Not needed	
Sustained high intensity exercise	45-75 min	Small amounts including mouth rinse (swilling in mouth)	<ul style="list-style-type: none"> > A range of drinks, gels and sports products can provide easily consumed carbohydrate. > The main benefit from carbohydrate use in these events comes from interaction with the brain and CNS. To achieve optimal benefit, the athlete may need to organise their event nutrition strategy to allow frequent "mouth sensing" with a significant duration of mouth contact (e.g. 10 s).
Endurance exercise including "stop and start" sports	1-2.5 h	30 – 60 g/h	<ul style="list-style-type: none"> > Opportunities to consume foods and drinks vary according to the rules and nature of each sport. > A range of everyday dietary choices and specialised sports products ranging from liquid to solid may be useful. > The athlete should practice a fuelling plan to find one that suits individual goals including hydration needs and gut comfort. > The benefits of carbohydrate intake strategies in these events are likely to be achieved both in the muscle (fuel) and CNS (perception of effort).
Ultra-endurance events	>2.5-3 h	Up to 90 g/h	<ul style="list-style-type: none"> > As above > Higher intakes of carbohydrate are associated with better performance. > Products providing multiple transportable carbohydrates (glucose: fructose mixtures) will achieve high rates of carbohydrate absorption and oxidation during exercise. > The benefits of carbohydrate intake in these events are likely to be achieved both in the muscle (fuel) and CNS (perception of effort).

Fuente: Australian Institute of Sport (AIS) consultada en Abril de 2024. Adaptado de (Burke et al., 2012).

6.3 ENTRENAMIENTO NUTRICIONAL Y SINTOMAS GASTROINTESTINALES

Las molestias gastrointestinales (GI) a causa del ejercicio pueden ser el resultado de diversos factores fisiológicos, nutricionales, mecánicos y psicológicos, entre otros. Entre los más comunes se encuentran gases o flatulencias, distensión abdominal, diarrea, urgencia de evacuación, eructos, reflujo gástrico, calambres abdominales, náuseas, vómitos y, en casos extremos, hemorragia digestiva. Desde el punto de vista fisiológico, estos síntomas pueden estar relacionados con la disminución del flujo sanguíneo hacia el sistema digestivo y una mayor activación del sistema nervioso simpático, lo que reduce la función gastrointestinal. Esto puede provocar isquemia intestinal, aumento de la permeabilidad, translocación bacteriana e inflamación. Además, el ejercicio puede ralentizar el vaciado

gástrico y la motilidad intestinal, lo que podría derivar en malabsorción de nutrientes, fermentación bacteriana y producción de gases (Parnell et al., 2020).

En cuanto a los factores nutricionales, la elección de alimentos antes del ejercicio influye en la aparición de molestias digestivas. Por ello, es crucial que cada atleta identifique qué alimentos pueden causar intolerancias o síntomas adversos. En general, se recomienda evitar comidas ricas en grasas, proteínas y altas en fibra antes de entrenar o competir, teniendo en cuenta la variabilidad única de cada individuo. Además, los factores mecánicos, como los movimientos repetitivos del deporte, y los psicológicos, como el estrés y la ansiedad, pueden agravar estos problemas. Para minimizar estos efectos negativos, se sugiere un entrenamiento gastrointestinal previo al consumo de cualquier alimento o suplemento en competencia. Dado que el tracto digestivo tiene una alta capacidad de adaptación, es posible mejorar la disponibilidad de nutrientes durante el ejercicio y reducir la incidencia de síntomas (Parnell et al., 2020).

Es primordial el entrenamiento nutricional del tracto gastrointestinal con el fin de garantizar mejoras en el desempeño y minimizar en la medida de lo posible molestias o incomodidad durante y posterior al consumo de la fuente de carbohidrato. Está claro que el entrenamiento nutricional puede mejorar el vaciamiento gástrico y la absorción de nutrientes y probablemente reducir las posibilidades y/o la gravedad de los problemas gastrointestinales, mejorando así el rendimiento de resistencia y brindando una mejor experiencia para el atleta (Jeukendrup, 2017b).

Una estrategia eficaz para prevenir molestias es la adaptación gástrica mediante el consumo progresivo de líquidos, lo que ayuda a expandir las paredes estomacales y favorecer un vaciamiento gástrico más rápido. Asimismo, un incremento gradual en la ingesta de carbohidratos puede estimular la actividad del transportador intestinal SGLT1, mejorando su absorción y optimizando el rendimiento deportivo (Jeukendrup, 2017b).

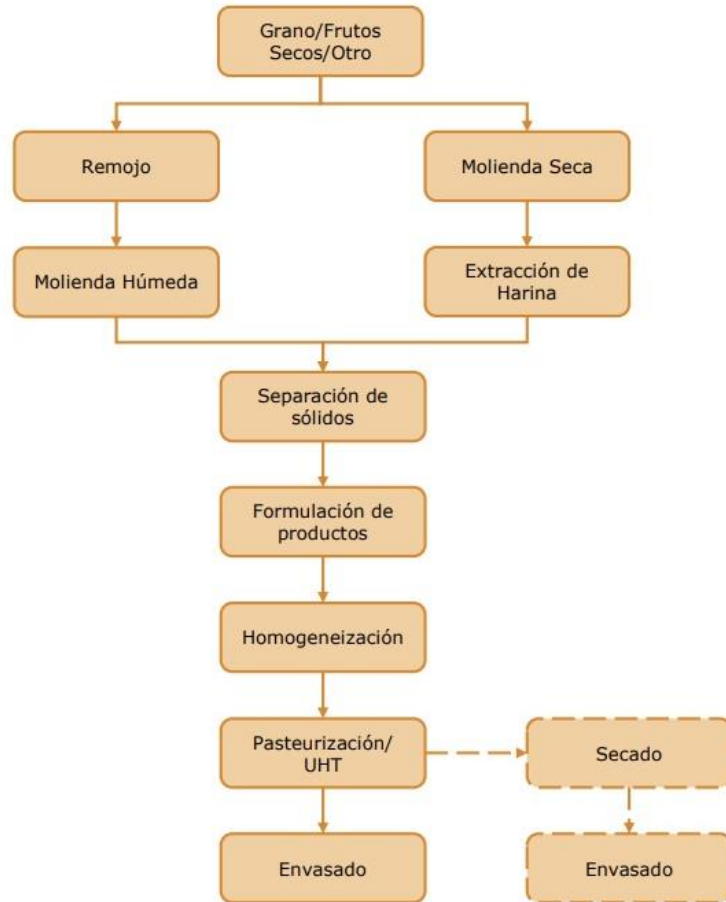
6.4 BEBIDAS VEGETALES

En la búsqueda para proporcionar más opciones viables que se ajusten al amplio abanico de requerimientos de bebidas con carbohidratos que contribuyan al desempeño del atleta altamente entrenado en deportes de resistencia con el menor número de afectaciones a su

salud física y mental y que al mismo tiempo contribuyan con su desempeño físico en entrenamiento y competencia la actual investigación ha fijado su atención en las bebidas vegetales.

Estas han crecido en popularidad en las últimas décadas debido a su contenido nutricional ampliamente documentado, sumado a una mayor conciencia colectiva sobre el cuidado personal, la salud y el medio ambiente. Para varios expertos las bebidas a base de fuentes vegetales resurgen recuperando el terreno que en la antigüedad ya tenían consolidado en la población general (Moraleja et al., 2015). Sumado a lo anterior, la literatura menciona que las bebidas vegetales pueden ser una alternativa para las personas que son intolerantes a la lactosa o alérgicas a la proteína de la leche de vaca u otras fuentes de origen animal como búfala y cabra (Dávila, 2017).

Las bebidas vegetales consisten en suspensiones del vegetal o materia prima de interés (leguminosas, semillas, cereales u otros), cuya apariencia final es similar a la leche de vaca debido a su estabilidad, poca separación de fases, con un color blanco, que dependiendo de la materia prima vegetal usada logra distintas tonalidades de blanco muy similares a aquellas de la leche. La bebida vegetal de soya representa la más conocida y posee sus orígenes comerciales en 1940 en Asia, siendo ampliamente estudiada y a la vez crítica por su alto nivel de fitoestrógenos, considerados disruptores endocrinos, que a su vez disminuyen los niveles de testosterona. El proceso de fabricación estándar de bebidas vegetales se puede apreciar en la ilustración 2 (Sepúlveda, 2016).

Ilustración 2. Proceso convencional de producción de bebidas vegetales.

Las líneas continuas representan el proceso para elaborar bebida líquida. Las líneas discontinuas representan el proceso alternativo para elaborar bebida en polvo.

Fuente: (Sepúlveda, 2016).

El presente trabajo de investigación se enfoca en las bebidas vegetales de avena y de almendra como potenciales opciones en el uso nutricional previo al entrenamiento y en competencia como posibles catalizadores de mejoras en el rendimiento y desempeño atlético de deportistas altamente entrenados de disciplinas de resistencia, particularmente el ciclismo de ruta.

6.5 AVENA

La avena (*avena sativa L*) es un cereal originario de la región del Cáucaso en Europa. Es una planta herbácea de crecimiento anual que pertenece a la familia de las gramíneas cuyo

fruto también se conoce como avena. Se ha cultivado durante siglos como alimento básico tanto para humanos como para animales. A lo largo del tiempo, se ha extendido su cultivo a diferentes regiones del mundo, aunque perdió importancia en el consumo en el ámbito humano respecto a la antigüedad, hoy en día experimenta un resurgimiento por su importante papel en el consumo de alimentos y derivados de origen no animal, además de sus beneficios intrínsecos (Rojas, 2012; Sepúlveda, 2016).

Por su alto contenido en fibra dietética soluble y fitoquímicos, en la que se incluye el betaglucano, aportando también proteínas, lípidos, vitaminas, minerales y polifenoles, como las avenantramidas, diversos estudios clínicos han evaluado la eficacia del consumo de los cereales de grano completo de avena, en la prevención y control de varias enfermedades (Vizúete & Anta, 2016).

Además, la avena no contiene gluten, de ahí que sea un cereal bien tolerado por la mayoría de las personas celiacas. Sin embargo, es importante resaltar que, aunque el grano de avena es un cereal libre de gluten de manera intrínseca, muchos granos de avena en la actualidad cuentan con gluten por contaminación cruzada en su cultivo y procesamiento, por lo que no todos los cereales y productos de avena incluyendo las bebidas de avena están libres de gluten (Nabil & Ibrahim, 2021; Sepúlveda, 2016).

Respecto al betaglucano, es una fibra soluble presente de manera natural en la avena y la cebada, aunque también puede encontrarse en algunas algas y setas. La concentración de betaglucano en la avena varía en función de las condiciones de cultivo y crecimiento. Diversos estudios han evidenciado fluctuaciones de entre dos y tres veces su contenido según el tipo de cultivo. Además, su cantidad está influenciada por la acción de la enzima betaglucano endohidrolasa, que degrada las paredes celulares del endospermo durante el proceso de germinación o en la preparación de alimentos, reduciendo así la cantidad de betaglucano presente en los productos finales. Por esta razón, el contenido de betaglucano en el grano de avena puede oscilar entre un 1,8% y un 5,5%, alcanzando hasta un 7% del peso seco en algunas variedades específicas, aunque lo más común es encontrar niveles entre el 4,0% y el 5,5% (Rojas, 2012; Sepúlveda, 2016; Vizúete & Anta, 2016).

Como otros tipos de fibra soluble, en el organismo el betaglucano forma geles viscosos en el tracto gastrointestinal, retrasando el vaciamiento gástrico e interfiriendo con la actividad de diferentes enzimas pancreáticas, lo que ralentiza los procesos de digestión y absorción de nutrientes incrementando la excreción de ácidos biliares (Vizuet & Anta, 2016; Xia et al., 2018). El betaglucano en el grano de avena es reconocido por su importancia a nivel cardiovascular dado que produce disminución del riesgo de enfermedades cardiovasculares. Estudios recientes mostraron que el betaglucano de avena tiene un efecto reductor sobre el colesterol LDL y la apolipoproteína B (Shen et al., 2016).

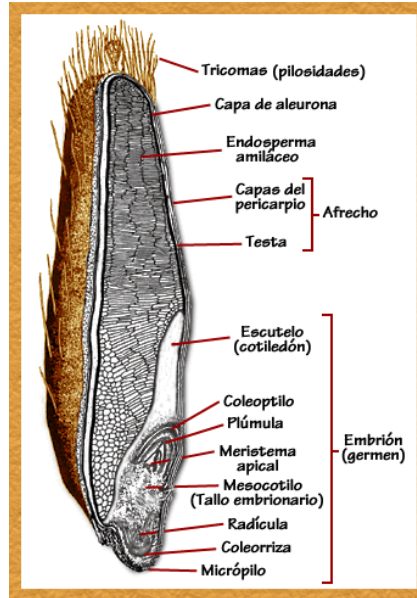
El consumo de betaglucano de avena se relaciona con la disminución del riesgo de padecer diabetes y obesidad, al disminuir la respuesta glucémica y el nivel sérico de lipoproteínas de baja densidad. Algunos estudios sugieren que el mecanismo de acción del betaglucano tiene lugar en la interfase entre la pared del intestino y el lumen, éste actúa como una barrera física sobre la captación de glucosa en las células epiteliales intestinales. Un estudio de 2016 sugiere que el betaglucano de la avena actúa como agente dietético al disminuir la glucosa postprandial. Por tanto, el betaglucano de avena podría ser una forma eficaz de disminuir los niveles de glucosa en sangre en pacientes con diabetes (Abbasi et al., 2016).

Aun con lo mencionado, el betaglucano, no es el carbohidrato con mayor presencia en el grano de avena, este es el almidón. Debido a que el almidón es el componente mayoritario de los granos de avena, las propiedades fisicoquímicas, funcionales y nutritivas de este carbohidrato desempeñan un papel importante en la determinación de la calidad de harinas y otros productos derivados en su procesamiento (Zamudio-Flores & et al, 2015).

Actualmente se han reportado diferentes estudios sobre la velocidad y el nivel de digestibilidad de diversos almidones, sin embargo, los análisis completos donde se reporten la velocidad de hidrolisis y digestibilidad de harinas y almidones son escasos, un estudio en 2012 evaluó la velocidad de digestión in vitro del almidón y la estimación del IG en harinas y almidones de avenas de variedades “Jim” y “Paul” y líneas altas en betagluconos desarrolladas en la Universidad Estatal de Iowa. Los resultados de estos investigadores mostraron que la fibra soluble (betagluconos) disminuyeron la velocidad de digestión del almidón sin que hubiera diferencia significativa en la digestibilidad entre los almidones de avenas extraídas de las diferentes líneas (Zamudio-Flores & et al, 2015).

Lo anterior muestra la importante sinergia presente entre el almidón y betaglucano, presentes en la avena, aun con una diferencia en concentración de 7 a 1 en promedio del almidón y betaglucano, respectivamente. En la ilustración 3, es posible apreciar las distintas partes que componen el grano de avena como cereal integral.

Ilustración 3. Esquema de un grano de avena



Fuente: <https://shorturl.at/84ian>

- **Salvado:** Es la capa exterior de la avena y es rico en fibra dietética, incluyendo la fibra soluble betaglucano. El salvado también contiene vitaminas B y minerales como hierro y zinc.
- **Endospermo:** Es la capa intermedia y contiene carbohidratos complejos, principalmente en forma de almidón, que proporcionan energía sostenida.
- **Germen:** Es la parte interior de la avena y es rico en grasas saludables, proteínas, vitaminas del grupo B y minerales como magnesio y fósforo (Rojas, 2012; Sepúlveda, 2016).

6.5.1 BEBIDA VEGETAL DE AVENA

Se entiende por bebida de avena a la bebida que contiene sólidos en suspensión de tal cereal, y se obtiene por la trituración húmeda del grano integral con agua caliente para obtener una bebida viscosa, que a su vez presenta mejor digestibilidad al ser consumida.

Adicionalmente, se le pueden añadir diferentes sustancias con el objetivo de reforzar sus cualidades nutritivas. Su proceso de elaboración es muy similar al descrito en la ilustración 3, las variaciones presentes dependen del proceso único de cada centro de procesamiento respecto a las características deseadas para la bebida final. La bebida de avena no contiene betaglucanos suficientes dentro proceso convencional como el descrito para ser considerada una bebida con características funcionales, pero al ser componentes bioactivos con diferentes actividades beneficiosas para el organismo, su concentración y por tanto efecto deseado, se ven afectadas por la transformación en bebida y objetivo específico de cada productor (Rojas, 2012; Sepúlveda, 2016; Zamudio-Flores & et al, 2015).

6.5.1.1 EFECTOS SOBRE LAS CUALIDADES NUTRICIONALES DE LA AVENA DEL PROCESAMIENTO EN BEBIDA

Los procesos tecnológicos que sufre la avena para obtener la bebida de este cereal, pueden disminuir su valor nutritivo, dado que se producen cambios en su microestructura y en las características funcionales de sus proteínas, almidón y componentes de la fibra. La transformación de la avena a una forma líquida implica tratamientos térmicos que podrían causar la pérdida de algunas vitaminas y minerales, así como la modificación del perfil de ácidos grasos y la alteración de las propiedades del betaglucano, y el contenido final del mismo (Trejo, 2015).

El contenido de betaglucano, también se ve afectado por la concentración de avena utilizada por cada fabricante en el proceso único que cada marca posee internamente, por lo que muy pocas bebidas vegetales de avena en mercados europeos y norteamericanos cuentan con el sello de clasificación de bebida funcional de avena, pues la gran mayoría del producto en estos mercados y casi la totalidad en el resto de mercados del mundo, no llegan al contenido mínimo de 0.75 g de betaglucanos por porción estipulado por la Food and Drug Administration de Estados Unidos (FDA) que para ser alcanzado requiere de pasos adicionales o modificaciones dentro del proceso de producción convencional anteriormente descrito. Por lo anterior si bien, es altamente posible que la mayoría de bebidas comerciales de avena en el mercado cuenten con contenido de betaglucanos, al no estar certificadas como bebidas con características funcionales, ni tampoco un discriminado nutricional del contenido de betaglucanos en su composición, se considera

que el posible contenido presente de betaglucanos no es suficiente para generar beneficios a la salud o cambios en la digestión como su contra parte en forma de cereal (Chen, 2020).

Adicionalmente respecto a lo anterior, teniendo en cuenta lo establecido en la Resolución 2492 de 2022 sobre etiquetado nutricional en Colombia, en cuanto al artículo 3 y específicamente lo comprendido entre las definiciones de los apartes 3.12 a 3.17 del mismo artículo, ninguna de las bebidas de avena identificadas dentro del análisis del mercado colombiano para el presente estudio, incluyendo la seleccionada para la investigación, refiere beneficios atribuidos al contenido de betaglucanos o características funcionales como alimento por lo mismo. Aunado no se encontró al momento de entrega del presente trabajo, ninguna norma o legislación específica para Colombia, respecto a los niveles de contenido mínimo de betaglucanos por porción.

En cuanto al almidón presente en el grano de avena, una vez la avena es transformada en bebida, desaparece casi por completo, dando paso a una concentración de azúcares promedio de 2.32 g según la base de datos reportados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en abril de 2022, constituida por <0.25 g de sacarosa y fructosa, 0.77 g de glucosa, 1.55 g de maltosa, <0.1 g de galactosa. Dichas concentraciones pueden cambiar en función de las distintas variables mencionadas anteriormente de acuerdo al productor, métodos de producción y objetivo final de la bebida de avena, entre otros. Los datos anteriores pueden ser consultados con mayor detalle en la tabla 5 más adelante.

6.5.1.2 ANTECEDENTES DE LA EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE BEBIDA VEGETAL DE AVENA SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO

Varios estudios se han centrado en el rol de bebidas funcionales, particularmente de origen vegetal, sobre su efecto en el rendimiento deportivo, pero la mayoría con bebidas distintas a la avena, y mayormente enfocados al efecto deportivo que la proteína presente en dichas bebidas vegetales como la de soya causa en los deportistas. A continuación, se mencionarán los antecedentes más relevantes encontrados hasta el momento que guardan relación de manera indirecta con el uso de la bebida de avena en el ámbito deportivo y/o clínico.

Un artículo de Liska y compañía (2022) se enfoca en los beneficios de la avena y sus germinados sobre la presión sanguínea. Menciona que los componentes específicos de la avena que se han encontrado que tienen un impacto positivo en la presión arterial, son los fenoles como la avenantramida y el GABA, que se encuentran en mayor cantidad en los alimentos con avena germinada. Sin embargo, se necesitan más estudios para comprender mejor el efecto de la avena en la población general con presión arterial moderadamente elevada. El artículo no menciona los posibles beneficios en deportistas, población físicamente activa o el uso de la avena como bebida en general (Liska et al., 2022).

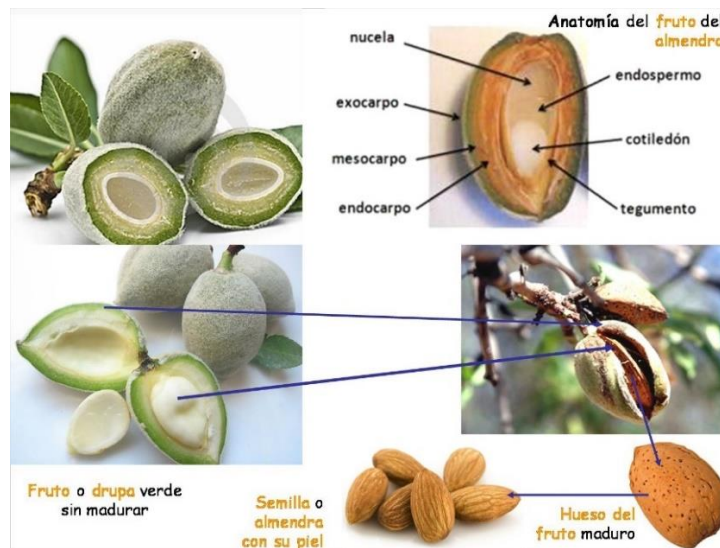
El trabajo realizado por Xia y compañía (2018) sugiere que la suplementación con proteína de avena tiene el potencial de aliviar el dolor muscular, reducir las concentraciones sanguíneas de creatinina quinasa (CK), mioglobina (Mb), IL-6 y proteína C reactiva (CRP), así como la inflamación del musculo. Además, puede prevenir la disminución de la fuerza muscular, el rango de movimiento articular (ROM), el rendimiento en saltos; y facilitar la recuperación muscular después del ejercicio en hombres universitarios no entrenados. Sin embargo, el uso de la avena como matriz líquida, no fue planteado en el estudio o proyectado en futuras investigaciones (Xia et al., 2018).

Los trabajos mencionados, muestran la gran importancia de la avena en la investigación, particularmente sobre los beneficios que sus proteínas pueden generar a la población general, personas físicamente activas y deportistas, sin embargo, dentro de la revisión bibliográfica consultada aún no se ha evidenciado estudios particulares que se enfoquen en los posibles beneficios de los carbohidratos presentes en bebidas vegetales de avena ni su uso en la actividad física y/o deporte. Por lo que preliminarmente indicaría un área del conocimiento que requiere mayor profundización y estudio para establecer con certeza si existen beneficios del consumo de esta bebida vegetal en el rendimiento deportivo y si pueden existir mejoras en la recuperación de reservas energéticas frente a otro tipo de bebidas.

6.6 ALMENDRA

El fruto de la almendra (*Prunus dulcis*) se clasifica botánicamente como una drupa, con un exocarpo pubescente (piel), un mesocarpo carnoso pero delgado (pulpa) y un endocarpo endurecido distintivo (cáscara). El mesocarpo experimenta solo un agrandamiento limitado durante el desarrollo, volviéndose seco y coriáceo, y dehisciendo² en la madurez. El árbol, aunque crece relativamente lento, puede sobrevivir durante 100 años o más, alcanzando alturas superiores a los 20 metros (Mori et al., 2011).

Ilustración 4. Anatomía del Fruto del Almendro (*Prunus Dulcis*)



Fuente: <https://shorturl.at/omqG3>

La almendra se compone de tres partes: la pulpa, la piel y la cáscara. Existen dos tipos de almendras según su textura: cáscara blanda y cáscara dura. Es única en su familia botánica, como la ciruela, el albaricoque y el melocotón, donde la pulpa (mesocarpo) de la fruta en particular se come y la semilla dentro de la cáscara se descarta (Khalid et al., 2021).

Los principales exportadores o productores comerciales se encuentran en Australia, Estados Unidos, Irán, Turquía, Marruecos, España y Pakistán (Khalid et al., 2021).

Varios estudios han demostrado sus beneficios como fruto seco, en salud cardiovascular, microbiota intestinal, mejoras en distancia y desempeño de deportes como ciclismo en atletas entrenados, posibles mejoras en estado físico, y atenuación de percepción del

² Acción de las anteras de una flor o el pericarpio de un fruto, de abrirse de forma natural, para dar salida al polen o a la semilla. RAE. Citada Septiembre, 2024.

cansancio. La evidencia de beneficios como bebida, es limitada en la actualidad (Hamasaki & Hamasaki, 2017; Siegel et al., 2023; Singar et al., 2024; Yi et al., 2014).

6.6.1 BEBIDA VEGETAL DE ALMENDRA

Un procedimiento patentado (US 5656321 A) para preparar bebida de almendras incluye calentar una dispersión acuosa de polvo de almendras parcialmente desaceitado, dosificado al 8 ± 1 % y mezclado con aproximadamente 0,1 % de un hidrocoloide estabilizador a 90°C durante un lapso de tiempo que es suficiente para permitir que los compuestos se solubilicen. A continuación, se realiza una molienda en fase acuosa y luego se adapta una clarificación centrífuga para eliminar las partículas que son lo suficientemente grandes como para ser detectadas por la lengua o el paladar. Seguido, el producto se esteriliza mediante un tratamiento “UHT” (temperatura ultra alta) y se realiza una homogeneización a 180.000 hPa durante el enfriamiento seguido de un envasado aséptico del producto obtenido (Sethi et al., 2016).

6.6.1.1 EFECTOS SOBRE LAS CUALIDADES NUTRICIONALES DE LA ALMENDRA DEL PROCESAMIENTO EN BEBIDA

El proceso para obtener bebida vegetal de almendras, requiere el uso de polvo o harina de almendras, a la cual se le ha retirado parcial o por completo su componente lipídico (depende del productor) por lo general a nivel comercial se suele remover este componente de manera parcial. Sumado a lo anterior, el fruto de almendra antes de ser convertido en harina, polvo o incluso en algunas pastas, es sometido a blanqueamiento, lo que reduce aún más los niveles de contenido lipídico en la almendra. Este proceso facilita y mejora la textura de la almendra para su posterior conversión en la materia prima que se utilizara en la elaboración de la bebida, sin embargo, al reducir desde dos procedimientos distintos el contenido lipídico se reduce también los niveles de antioxidantes presentes. El antioxidante alfa tocoferol, componente bioactivo, es la principal forma de vitamina E presente en la almendra, al tener una estructura derivada del isopreno, es clasificado como un lípido prenoles, el cual se ve afectado por los procesos anteriormente mencionados (Oliveira et al., 2020; Sethi et al., 2016).

Por esta razón las bebidas comerciales de almendras en general sufren de la misma condición que la bebida de avena, y es que debido a sus niveles de concentración y procesos de manufactura pierden su componente bioactivo principal, no pierde del todo sus beneficios (bajo contenido de carbohidratos, niveles de calcio, vitamina A y E) pero a menos que cumpla con los mínimos establecidos por entidades como la FDA no contarán con el beneficio agregado de una bebida con características funcionales, por consiguiente no podrán ser comercializados como tal.

6.6.1.2 ANTECEDENTES DE LA EVALUACIÓN DEL CONSUMO DE BEBIDA VEGETAL DE ALMENDRA SOBRE EL RENDIMIENTO DEPORTIVO

Yi y compañía (2014), encontraron que el consumo de almendras enteras mejoro la distancia recorrida en bicicleta y los elementos relacionados con el rendimiento de resistencia más que galletas isocalóricas en atletas entrenados, ya que algunos nutrientes presentes en las almendras pueden contribuir a la reserva y utilización de carbohidratos y a una utilización eficaz del oxígeno. Los resultados sugieren que las almendras pueden incorporarse a la dieta de quienes realizan entrenamiento físico para mejorar el rendimiento (Yi et al., 2014).

Un estudio en 2023, concluyo que la suplementación crónica con almendras alivia la sensación de dolor muscular percibida, durante la recuperación aguda del ejercicio con daño muscular, lo que resulta en un mejor mantenimiento de la capacidad funcional muscular corriendo cuesta abajo (Downhill Running). Los datos encontrados sugieren que las almendras representan un refrigerio funcional para mejorar la tolerancia al ejercicio en adultos de mediana edad con sobrepeso leve (Siegel et al., 2023).

Una revisión de Singar y compañía (2024) encontró que el consumo regular de almendras mejora el perfil lipídico al reducir el colesterol LDL y mejorar la funcionalidad del HDL. Además, las almendras ayudan al control glucémico, la reducción de la presión arterial y la mejora de la inflamación crónica, aspectos cruciales para la salud cardiovascular. Las propiedades antioxidantes de las almendras, principalmente debido a su alto contenido en vitamina E, ayudan a reducir los marcadores de estrés oxidativo. Además, las almendras influyen positivamente en la composición corporal al reducir el porcentaje de grasa corporal

y la adiposidad central, y al aumentar la saciedad, lo que contribuye al control de peso. A su vez también consideraron el concepto emergente del eje intestino-corazón, según el cual el consumo de almendras parece modular el microbioma intestinal, promoviendo el crecimiento de bacterias beneficiosas y aumentando la producción de ácidos grasos de cadena corta, en particular el butirato. Estos efectos contribuyen en conjunto a los beneficios antiinflamatorios y cardioprotectores de las almendras (Singar et al., 2024).

La literatura muestra gran evidencia del uso de la almendra en la medición de sus efectos en la actividad física y el deporte. Sin embargo, dentro de la revisión bibliográfica realizada aún no se ha evidenciado estudios que se enfoquen sobre los posibles beneficios de los carbohidratos presentes en la bebida vegetal de almendra ni su uso en la actividad física y/o deporte, la mayoría de los trabajos se enfocan en la almendra como fruto seco.

Lo anterior probablemente se deba al gran cambio nutricional que sufre la almendra al ser convertida en bebida; por lo cual se invita a la comunidad científica a seguir investigando nuevas formas de transformación del fruto en bebida que preserven en la mayor medida posible el valor nutricional y efectos bioactivos y componentes nutricionales de la almendra, como la cavitación hidrodinámica, proceso que parece contar con potencial para una producción de ciclos más rápida, con menor consumo de energía y con un mejor perfil nutricional del producto terminado respecto a los procesos y productos actuales (Faraloni et al., 2023).

6.7 EVALUACIÓN DEL ESTADO DE MADURACIÓN EN DEPORTISTAS ADOLESCENTES

Con el fin de evaluar el estadio de maduración de los jóvenes participantes en estudios como el presente de manera sencilla pero confiable, se considera el pico de velocidad de crecimiento (PVC) o PHV por sus siglas en inglés como una de las mejores herramientas por su confiabilidad, validación y bajo costo. El PVC, se usa para determinar el estadio de maduración en población adolescente. Se basa en tres medidas antropométricas sencillas además de la edad del sujeto: peso, talla y talla sentado (de las últimas dos derivan la longitud de miembros inferiores y la estatura tronco-cefálica). Medidas que posteriormente son usadas con las ecuaciones de regresión de Mirwald et al (2002). El resultado permite

predecir la proximidad y el alejamiento del PVC en años el cual se interpreta en ocho niveles, desde -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2 y 3, donde el cero (0) significa el PVC. El uso de estas ecuaciones ya ha sido validado en población escolar latinoamericana tanto femenina como masculina y está altamente validado y aceptado en la comunidad internacional como método poco invasivo y con una alta correlación con otros métodos como el carpo grama para determinación del estadio de maduración (Gomez Campos et al., 2012; Hobold et al., 2017; Koziel et al., 2024).

Esto es muy importante debido a los cambios rápidos y relevantes que se dan después del PVC, los cuales afectan el rendimiento:

A. Mecanismos fisiológicos y antropométricos asociados al PVC

- a. Aumento de masa muscular y fuerza (mayor capacidad para generar potencia máxima).
- b. Cambios hormonales (testosterona/andrógenos aumentan, favorecen hipertrofia y fuerza).
- c. Cambios en composición corporal (mayor masa libre de grasa relativa) (Gómez-Campos R et al., 2013; Koziel et al., 2024; Malina et al., 2024; Retzepis et al., 2025).

Estos cambios pueden elevar PotMax, FactEf y medidas relacionadas con fuerza-potencia (CMJ) en sujetos más cerca o más lejos del PVC (Malina et al., 2015).

B. Metabolismo y respuesta glucémica / insulínica

- a. La pubertad está asociada a una reducción transitoria de la sensibilidad a la insulina (variando con estadio puberal). Esto puede modificar la respuesta glucémica tras ingesta de carbohidratos y la captación muscular durante ejercicio.
- b. Pequeñas diferencias en estadio madurativo entre sujetos pueden modular cómo se comportan las curvas de glucosa/lactato después del mismo suplemento: sujetos más lejos del PHV (más maduros) pueden tener diferente cinética de glucosa/insulina y distinta disposición a oxidar CHO vs lípidos (Koziel et al., 2024; Leyva et al., 2020; Malina et al., 2024; Park et al., 2021).

C. Variabilidad interindividual en resultados de rendimiento

- a. Aunque cronológicamente los sujetos hagan parte de una población bastante homogénea, el grado de maduración y el PVC, introducen heterogeneidad biológica real que puede explicar parte de la dispersión en PotMax, FactEf, CMJ y en respuestas glucémicas/lácticas (Lloyd et al., 2015).
- b. El PVC, puede ser una potencial fuente de confusión/variabilidad en pequeños estudios con adolescentes como el presente, por lo cual conviene considerarlo cuando se interpreta distintas variables de rendimiento (Koziet et al., 2024; Retzepis et al., 2025).

6.8 EVALUACION DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO EN DEPORTES DE RESISTENCIA

6.8.1 ERGOESPIROMETRÍA

La ergoespirometría, también conocida como test de esfuerzo cardiopulmonar (CPET) entre otros nombres, es un examen que permite evaluar de manera integrada, dinámica y precisa la función cardíaca, respiratoria, metabólica y neuromuscular mediante el análisis de gases espirados durante un esfuerzo máximo estandarizado. Esta evaluación permite la medición del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), entre otras múltiples variables fisiológicas y parámetros ergoespirométricos (Allison & Burdiat, 2010; Cid-Juárez et al., 2015; Zagolin et al., 2020).

6.8.1.1 PRINCIPIOS DEL TEST

El CPET es un examen no invasivo, ambulatorio y breve, menor a 20 minutos en el ámbito clínico, pero puede llegar a los 60 minutos en pruebas de esfuerzo para deportistas. Durante la prueba, el sujeto se somete a un esfuerzo incremental de carácter máximo, permitiendo evaluar paralelamente parámetros oxihemodinámicos como frecuencia cardíaca (FC), electrocardiograma de 12 derivaciones, presión arterial (PA), oximetría de pulso para medición de saturación (SatO₂) y gases espirados, a través de mascarilla hermética. La ilustración 5 proporciona un ejemplo de un modelo en laboratorio dando uso al equipo de ciclo ergoespirometría.

Ilustración 5. Prueba CPET

Fuente: Propia. 2024.

6.8.2 PRUEBA DE UMBRAL FUNCIONAL DE POTENCIA (FTP)

La prueba de FTP (Functional Threshold Power) o Umbral Funcional de Potencia, es una herramienta fundamental en el entrenamiento de ciclistas y otros atletas de resistencia para determinar su capacidad aeróbica y establecer zonas de entrenamiento efectivas. El FTP se refiere al nivel de potencia en vatios que un ciclista o atleta de resistencia puede mantener durante aproximadamente una hora sin acumular una fatiga excesiva. En términos simples, es la potencia máxima que puedes mantener de manera sostenible durante un esfuerzo prolongado.

Determinar el FTP es esencial para establecer las zonas de entrenamiento y controlar de manera efectiva el progreso del atleta. Las zonas de entrenamiento se definen en función de porcentajes del FTP y permiten ajustar el nivel de esfuerzo y la intensidad de tus sesiones de entrenamiento de acuerdo con los objetivos y capacidades individuales (Pereira Costa et al., 2017). La prueba de FTP generalmente se realiza en un rodillo de entrenamiento o cicloergómetro estático en un ambiente controlado. Con un protocolo común en la mayoría de los casos.

6.8.2.1 ZONAS DE ENTRENAMIENTO

Pueden ser calculadas con % equivalentes del cálculo de la prueba FTP, con zonas cardiacas individualizadas del deportista o con zonas algo más precisas por potencia, de acuerdo a los datos y equipos que el individuo a evaluar tenga disponible (Pereira Costa et al., 2017). La tabla 4 muestra las variables y sus descripciones en la prueba del FTP

Tabla 4. Variables en FTP

Variable	Descripción
Potencia (Watts)	Medida directa de la energía generada al pedalear, indicador principal de la intensidad del esfuerzo.
Cadencia (RPM)	Velocidad a la que giran los pedales, afecta la eficiencia de la pedalada y la tensión muscular.
Frecuencia Cardíaca (lpm)	Número de latidos por minuto, refleja la respuesta cardiovascular al esfuerzo.
Tiempo y Duración	Duración total de la prueba y los intervalos de tiempo en los que aumentas la potencia.
Sensaciones y Percepciones	Cómo se siente el atleta durante la prueba, incluyendo la comodidad, fatiga y dificultad respiratoria.
Velocidad (km/h, mph)	La velocidad a la que se pedalea, influenciada por la potencia y las condiciones del terreno.
Eficiencia de Pedalada	Distribución de la potencia a lo largo del ciclo de pedaleo, afecta la economía de energía.
Temperatura y Humedad	Condiciones ambientales que pueden influir en el rendimiento y la percepción del esfuerzo.
Nutrición e Hidratación	Estado de alimentación y nivel de hidratación, afectan el rendimiento y la fatiga.
Estrategia de "Pacing"	Cómo se distribuye el esfuerzo durante la prueba para mantener un ritmo constante.

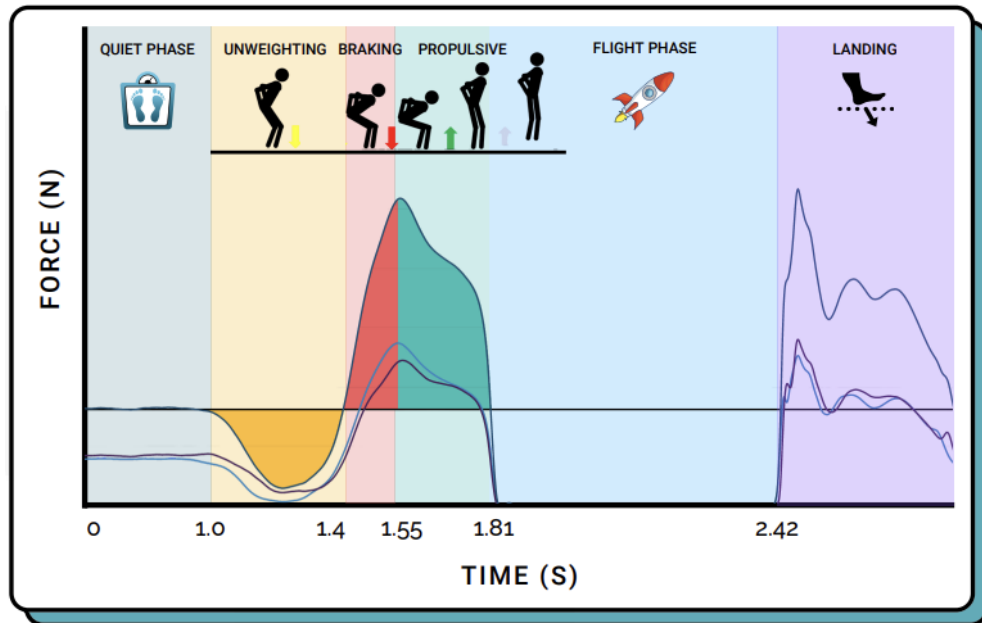
Fuente: Elaboración propia.

6.8.3 SALTO CONTRA MOVIMIENTO (CMJ)

El salto contra movimiento (CMJ por sus siglas en inglés de Counter Movement Jump) es una prueba extremadamente útil para medir el rendimiento atlético. Como movimiento que incluye una fase de estiramiento (excéntrica) y una de acortamiento (concéntrica), la prueba CMJ es útil para detectar tanto el potencial atlético como las áreas de debilidad que pueda tener un atleta. En la ilustración 6 se pueden ver las tres fases clave que conducen al despegue: descarga de peso (el atleta cae con velocidad negativa que desciende), frenado (el atleta sigue cayendo, pero con velocidad negativa ascendente) y propulsión, donde la velocidad del atleta es positiva. Cada fase se puede ver individualmente, pero también se debe considerar como un componente individual del movimiento general (McMahon et al., 2018). Los atletas de casi todos los deportes incorporan la mecánica del CMJ, ya sea total o parcialmente, en el entrenamiento o en la competición. La evaluación del CMJ incluye métricas de rendimiento e indicadores descriptivos, es decir, qué tan alto saltó un atleta (rendimiento) y cómo logró ese rendimiento (descriptivo) (McMahon et al., 2018).

El CMJ es una forma sencilla, práctica y fiable de medir la potencia del tren inferior, por lo que es una evaluación excelente que se puede utilizar para medir y controlar el rendimiento atlético. Deportes como el fútbol, el rugby, el baloncesto, el voleibol, el sprint, ciclismo de carrera o resistencia, etc, pueden beneficiarse de las evaluaciones del CMJ en plataformas de fuerza. Incluso los deportes que no presentan un gran componente vertical pueden beneficiarse, debido al hecho de que la fuerza vertical es el motor de todo movimiento humano. Incluso en movimientos horizontales como el sprint, el componente de fuerza dominante es vertical. Una curva de fuerza-tiempo de un CMJ (como aquella en la ilustración 6) muestra fases separadas del salto para evaluar la productividad y la eficiencia de los patrones de movimiento (McMahon et al., 2018).

Ilustración 6. Fases del CMJ: Descarga de Peso, Frenado, Propulsión, Vuelo y Aterrizaje



Fuente: CMJ-Playbook | Hawkin-Dynamics-eBook-v1. 2021

6.8.4 MEDICIÓN DE LACTATO EN DEPORTE Y ACTIVIDAD FÍSICA

En base a la evidencia actual, el lactato (LT) no es producto final de desecho que se produce solamente en condiciones anaeróbica en la célula muscular, sino un intermediario metabólico que se produce y remueve constantemente, cuya concentración depende del equilibrio entre la tasa de aparición y la tasa de remoción o el “turnover” de sí mismo. Contrario de lo que creía, es una molécula que provee sustrato intra-esfuerzo, sirviendo como fuente gluconeogénica y provee efecto alcalinizante sobre el estado ácido-básico cuando se forma gracias a la lactato deshidrogenasa, (LDH) (Mogollón & Petro, 2012).

Sin embargo, todavía existen ciertas dificultades prácticas en la estimación del LT y plantean un desafío para los científicos deportivos, atletas y entrenadores. La medición del lactato en sangre implica una técnica invasiva de recolección de muestras, que es, con mucho, el desafío más difícil que generalmente inhibe a los atletas a participar (Onor et al., 2017; Sun et al., 2017). Además, el equipo sofisticado requerido para la estimación del LT es costoso y la realización de la prueba requiere experiencia, a su vez, con múltiples

conceptos de LT y la falta de un protocolo estándar de prueba de ejercicio graduado (GXT) plantea restricciones operativas adicionales (Jamnick et al., 2018; Pallarés et al., 2016; Wahl et al., 2018).

Aun con las dificultades mencionadas la medición del LT, es sin duda una herramienta grandiosa por la información que provee. Desde un punto de vista metabólico, el LT en sangre (producción vs eliminación) se puede utilizar para evaluar la actividad glucolítica y para ayudar a determinar la intensidad del ejercicio de entrenamiento (Cerdeja-Kohler et al., 2015). Hoy en día, la determinación del umbral anaeróbico debe incluirse en una rutina regular de evaluación física de deportistas y población sana, así como en las pruebas de esfuerzo en pacientes pulmonares y cardíacos con el fin de planificar programas exitosos de entrenamiento o rehabilitación individual (Pallarés et al., 2016; Wahl et al., 2018).

Si bien, aun no existen protocolos estandarizados, específicos por disciplinas o individualizados, en la actualidad es posible encontrar estudios que proponen protocolos de acción como el de Mathi et al (2023), donde sugiere una medición en 7 etapas posteriores al calentamiento cada 3 minutos en banda caminadora con corredores de fondo. El trabajo de Vijay et al (2024), genera una revisión de 51 artículos, categorizados en 9 temas principales de cobertura, el tercer tema en el impacto del protocolo de entrenamiento del LT en el desempeño de resistencia, en donde solo 6 de los 51 artículos trabaja desde ciertos ángulos el tema del protocolo de medición del LT (Mathi et al., 2023; Vijay et al., 2024).

Finalmente, gracias a la gran interconexión de la actual revolución tecnológica, en la plataforma Youtube (YT), es posible encontrar las experiencias documentadas con detalle de atletas de elite de maratón, triatlón convencional y iroman, quienes en su búsqueda de mejor desempeño deportivo implementan protocolos de medición de LT en laboratorio, que permiten un acercamiento a un “estándar” para deportes de resistencia. Entre ellos Reed Fischer de Estados Unidos, corredor de media maratón y 10.000 metros, en conjunto del laboratorio Stryd del mismo país, en Junio de 2024 documenta su medición de LT con 6 tomas cada 6 minutos en caminadora posterior a la activación y con punciones en el lóbulo de la oreja. Por su parte el triatleta Lionel Sanders de Canadá, comparte en su canal de YT mediciones con el mismo protocolo que Reed Fischer, pero usando bicicleta estática en interior, mientras que para trote en caminadora el protocolo es de 6 tomas cada 1600

metros, lo anterior documentado en octubre de 2023. En este grupo también encontramos al triatleta de Ironman de Estados Unidos, 6 veces campeón y 3 veces subcampeón del Ironman de Hawái David Scott, quien comparte en su página web su protocolo de medición de LT, 5 tomas cada 3 minutos en caminadora posterior a la activación, 4 tomas cada 3.5 minutos en piscina posterior a la activación y 4 tomas cada 3 minutos posterior a la activación usando bicicleta estática en interior. El protocolo fue publicado en 2007.

6.8.5 MEDICIÓN DE GLUCOSA

La medición de glucosa en sangre tuvo sus inicios en 1965 gracias a la creación de las primeras tirillas reactivas que usaban la reacción de la glucosa oxidasa / peroxidasa para medir resultados, solo hasta 1970 se desarrolló el primer sensor de medición manual, hasta mediados de la década de los 70's se introduce el concepto de automonitoreo, en 1980 se introducen los medidores con pantalla, entre 1987 y 1992 se introducen los medidores de glucosa de 2da y 3ra generación con sistema de biosensor de glucosa en sangre y el uso de tiras de electrodos enzimáticos, además de medidores con memoria. Y entre el 2000 y 2014 se enmarca el sistema casi indoloro de medición por punción con posterior captación capilar que ampliamente se conoce en la actualidad (Kesavadev et al., 2023).

Todo lo anterior desde un punto de vista clínico y enfocado en el manejo y control de la diabetes mellitus (DM) tanto tipo 1 y tipo 2 como gestacional. Y solo siendo introducida al mundo del deporte hacia finales de los 90's por atletas que ya padecían DM de algún tipo, quienes ya auto monitoreaban sus niveles. Hasta entonces solo se medían los niveles de glucosa en atletas por medio de extracciones de sangre, y siendo parte de un conjunto de mediciones en la sangre, no de manera exclusiva.

6.9.5.1 MEDICIÓN DE GLUCOSA EN DEPORTE Y ACTIVIDAD FÍSICA

El monitoreo de glucosa en atletas de resistencia proporciona datos en tiempo real sobre las variaciones en sangre, permitiendo una gestión energética óptima y ajustes nutricionales inmediatos. En deportes de larga duración, mantener niveles estables de glucosa es esencial para evitar la fatiga y garantizar un suministro energético continuo. Este monitoreo facilita la detección de caídas repentinas en glucemia, permitiendo intervenciones oportunas para restablecer el equilibrio energético. Además, la información obtenida permite analizar la respuesta glucémica ante distintos estímulos, lo que favorece la personalización de la alimentación y el entrenamiento, y ajusta la ingesta de carbohidratos para prevenir episodios de hipo o hiperglucemia (Bowler et al., 2024; I. Costa, 2005; Redondo, 2024).

Los medidores o lectores capilares cuentan con hasta 50 tirillas de medición, e igual número de lancetas pueden en promedio costar \$25, aunado al hecho de su fiabilidad, fácil calibración, pueden ser adquiridos en un gran número de expendios de insumos médicos y/o deportivos, farmacias, clínicas y hospitales, y cuentan con servicios como aplicaciones móviles, conectividad por bluetooth y almacenamiento en red por lo que siguen siendo la mejor opción en términos de precisión, costo y practicidad de uso para medir la glucosa de atletas en competencia o práctica, frente a nuevas opciones como los chips de monitoreo continuo de glucosa (CGM), que además del elevado costo que impiden su alcance incluso dentro del deporte de elite de manera convencional, no generan mediciones en sangre sino a nivel intersticial, afectando su sensibilidad y precisión (Gu et al., 2022; Litwak et al., 2020; Redondo, 2024).

7 METODOLOGÍA

7.1 TIPO DE ESTUDIO

Ensayo doble ciego controlado, cruzado y aleatorizado. Como ensayo experimental, emplea un enfoque cuantitativo para la medición de las variables fisiológicas y de rendimiento.

7.2 POBLACIÓN DE ESTUDIO

Ciclistas de ruta jóvenes hombres altamente entrenados, residentes en altura moderada (2000 – 2700 msnm) en el departamento de Cundinamarca, con un rango de edad de 15-17 años que cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión propuestos para el estudio.

7.2.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

- Ciclistas jóvenes hombres altamente entrenados, activos en competencia y con recorrido de competencias previas o vida deportiva de al menos 3 años.
- Residentes en el departamento de Cundinamarca, Colombia, por al menos los últimos 2 años.
- Con entre 15 y 17 años de edad cumplida.
- Con diagnóstico nutricional adecuado por IMC, según la Resolución 2465 de 2016 de Colombia para niños de 5 a 17 años, de hasta dos desviaciones estándar (DE). La grafica de soporte para este criterio se encuentra en el Anexo 1 de este documento.
- Firma de consentimiento y asentimiento informado: Atletas y acudientes legales que acepten de manera voluntaria participar en el estudio y firmen el consentimiento y asentimiento informados, según corresponda, autorizando el uso de la información obtenida, para su análisis, utilización y divulgación como material científico. (Anexo 2 y 2.1)

7.2.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

- Atletas de elite o alto rendimiento.
- Atletas que presenten alguna patología cardiopulmonar.
- Atletas que presenten enfermedad celiaca o similar o algún tipo de alergia al gluten.
- Atletas que consumen suplementos de cualquier tipo que contengan avena, almendra o sus derivados como parte de sus ingredientes durante la duración del estudio.
- Atletas que estén utilizando algún suplemento nutricional durante la duración del estudio.
- Atletas que estén utilizando cualquier tipo de medicamento durante la duración del estudio.
- Atletas que hayan tenido lesiones en los últimos 6 meses o lesiones de mayor antigüedad que aun representen un impacto negativo en el rendimiento actual del atleta o la ejecución de su correcto gesto deportivo.
- Atletas que consuman sustancias psicoactivas de cualquier tipo, de manera regular por lo menos 3 meses previos a la prueba, y durante la duración del estudio, incluyendo, pero no limitándose, a alcohol, marihuana y cigarrillo.

7.2.3 TAMAÑO MUESTRAL

El número de población mínimo necesario para el estudio, se calculó de acuerdo a la ecuación para una población finita de Steel & Torrie, planteada en 1985. A diferencia de la ecuación para poblaciones infinitas, esta versión introduce un ajuste en el denominador con el factor (N-1), lo que corrige la sobreestimación del tamaño muestral cuando la población es pequeña (Aguilar-Barojas, 2005).

A continuación, se demuestra el uso de la ecuación, se discriminan los valores de cada variable y se provee el valor final de muestra mínima.

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

- n= Tamaño de muestra del estudio

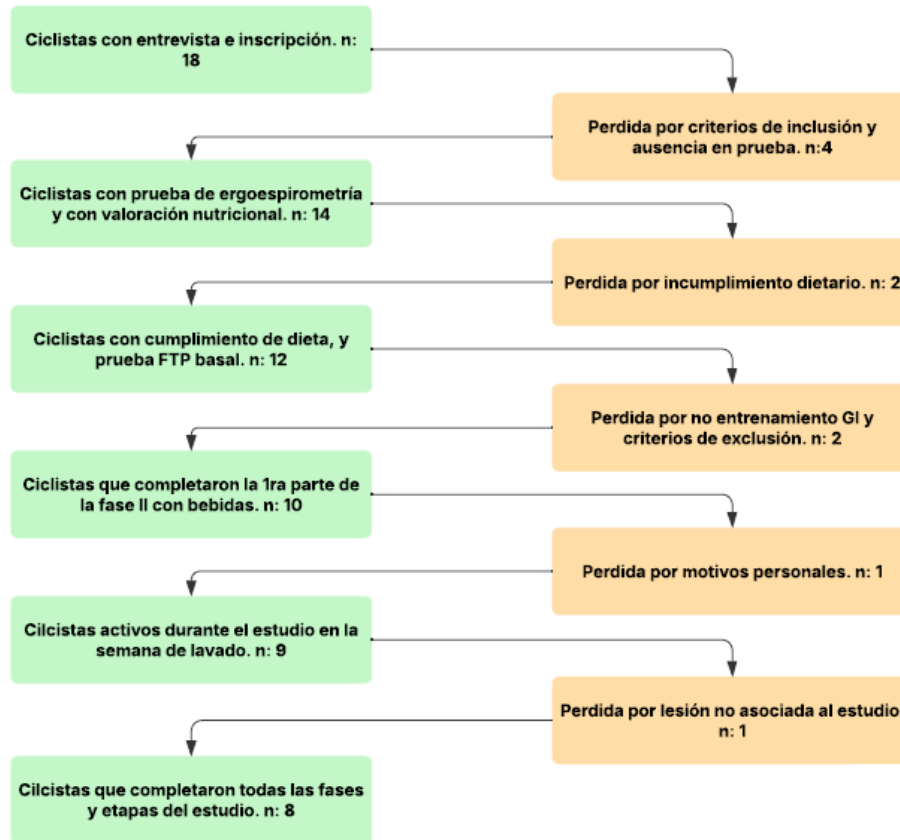
- N = Tamaño población o universo.
 - Para este estudio 8, en base al estudio de (Gómez et al., 2023).
- $Z_{\alpha} = 1.96^*$ al cuadrado.
 - * Puntuación Z
 - 90% - Puntuación Z = 1,645
 - 95% - Puntuación Z = 1.96*
 - 99% - Puntuación Z = 2.576
- p = Probabilidad de que ocurra el evento estudiado.
 - Para este estudio 5% = 0.05.
- q = 1 – p. Probabilidad de que no ocurra el evento estudiado.
 - Para este estudio 1- 0.05 = 0.95.
- e = Precisión o error de estimación máximo aceptado
 - Para este estudio es 5% = 0.05.

El resultado hasta este punto es de 7.299. Se calculo aproximando al entero inferior y se agregó un 5% de retiro voluntario, dando como resultado 8, el valor final mínimo de sujetos para el estudio.

7.2.4 SELECCIÓN DE PARTICIPANTES Y DETERMINACIÓN DE MUESTRA FINAL

De acuerdo al cálculo mínimo de tamaño de muestra determinado en el numeral 7.2.3, de 8 participantes, y a su vez optimizando los recursos disponibles para insumos y equipos, sin que el estudio perdiera validez, se determinó un tamaño muestral de 14 ciclistas, con una convocatoria inicial de 18 participantes interesados. La figura 1 muestra el proceso que determinó la población final del estudio, dejando como muestra a 8 participantes, que cumplieron con todos los criterios de inclusión, exclusión, fases y etapas del estudio.

Figura 1. Selección de Muestra del Estudio y Determinación de Muestra Final



Fuente: Elaboración propia. 2025

7.3 SELECCIÓN DE LAS BEBIDAS COMERCIALES DE AVENA Y ALMENDRA

Existe un gran número de opciones de matrices nutricionales que las bebidas comerciales de avena y almendra pueden presentar dependiendo del método empleado por el productor, la fuente y tipo de materia prima en otras variables. Tanto la bebida de avena como la de almendra fueron adquiridas con una presentación Tetrapak con volumen de 946 y 1000 ml respectivamente, se garantizó que las bebidas pudieran ser conseguidas en la misma cadena de servicio o superficie, con presencia distrital, municipal, departamental y nacional, que fueran de fácil acceso bajo la hipótesis de compra a futuro de los deportistas, y que las diferencias sensoriales y organolépticas fueran las adecuadas para no delatarse entre sí bajo la premisa de la metodología del presente estudio, la cual será explicada más adelante.

A continuación, en la tabla 5, se encuentra una comparación de valores nutricionales de hojuela de avena, bebida de avena, almendra y bebida de almendra por 100 g o 100 ml en base a lo reportado por el portal de la USDA.

Tabla 5. Comparación de Valores Nutricionales de Hojuela de Avena, Bebida de Avena, Almendra y Bebida de Almendra (por 100 g o 100 ml)

Nutriente	Hojuela de Avena	Bebida Comercial Promedio de Avena	Bebida Comercial de Avena Seleccionada	Almendra	Bebida Comercial Promedio de Almendra	Bebida Comercial de Almendra Seleccionada
Calorías (kcal)	382	48	47	626	19	23
Grasa Total g	5.89	2.75	1.5	51.1	1.56	0.8
Carbohidrato total g	68.7	5.1	6.5	20	0.67	3.9
Almidón	53.8	N/R	N/R	N/R	N/A	N/A
Betaglucano	7.52	N/R	N/R	N/A	N/A	N/A
Fibra Dietaria g	10.4	< 0.75	0	10.8	< 0.75	0.7
Azúcares Totales g	N/R	2.32*	4.9	N/R	0**	3.2
Azúcares Añadidos g	0	0	0	N/A	0	3.0
Proteína g	13.5	0.8	1.9	21.4	0.66	0.5
Vitamina A µg ER	N/A	85	95	N/A	61	66
Vitamina D µg	N/A	1.7	0.54	N/A	1.59	3.3
Vitamina E mg	N/R	N/R	N/R	N/R	N/R	4.0
Hierro mg	4.34	0.26	0.55	3.74	0.12	0
Calcio mg	46	148	94	254	158	175
Zinc mg	2.74	0.09	0	2.86	0.08	0.10
Sodio mg	1	42	35	< 2.5	59	47

Fuente: Elaboración propia, soportado en información de la USDA reportada en 2022 y consultada en 2024, y tablas de información nutricional de las bebidas seleccionadas. **N/R** = No registra. **N/A**= No aplica. * <0.25 g de sacarosa, fructosa y galactosa, 0.77 g de glucosa, 1.55 g de maltosa, <0.1 g de galactosa. ** 0.04 g de sacarosa, <0.25 g de glucosa, fructosa, maltosa y galactosa, <0.1 g de galactosa.

Ninguna de las bebidas utilizadas en el estudio reporta el tipo de carbohidratos presentes, más allá del total de los mismos, fibra, azúcares totales y azúcares añadidos. Esto en cumplimiento de la normativa de etiquetado nutricional colombiana (Resolución 810 de

2021 y Resolución 2492 de 2022) la cual no exige que el o los tipos de carbohidratos específicos sean parte del etiquetado, salvo en los casos en que estos representen una característica funcional por el tipo en concreto o la cantidad del carbohidrato. Con el objetivo de poder enriquecer la presente investigación con estos detalles, en varias ocasiones se contactó a los productores de cada bebida vía correo electrónico, solicitando de manera amable y atenta su colaboración con el estudio para suministrar la ficha técnica de cada bebida, sin embargo, no se contó con respuesta de su parte.

En base a los datos de referencia de la USDA se muestran los tipos de aminoácidos aproximados presentes en las bebidas de avena y almendra como se evidencia en la tabla 6.

Tabla 6. Perfil de Aminoácidos aproximado de bebidas de Avena y Almendra

Aminoácidos (AA)	Bebida de Avena (1.9 g de proteína por cada 100 ml)	Bebida de Almendra (0.5 g de proteína por cada 100 ml)
Leucina	0.179	0.047
Isoleucina	0.079	0.021
Valina	0.098	0.029
Lisina	0.064	0.015
Metionina	0.036	0.006
Fenilalanina	0.113	0.033
Treonina	0.067	0.016
Triptófano	0.024	0.014
Histidina	0.047	0.009
Total	0.703	0.19

Fuente: Elaboración propia, soportado en información de la USDA reportados en 2022 y consultados en 2024.

7.4 CONSIDERACIONES ETICAS

El presente trabajo fue “Avalado” por el Comité de Ética de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia, según oficio 208 y Acta 019 de 2023. Respecto a lo referido en la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud y Protección Social, el presente trabajo académico, entra dentro de la clasificación de investigación de riesgo

mínimo según el artículo 11 del título II (Investigación en seres humanos). En mención de la presente Resolución se da cabal cumplimiento con lo establecido por el artículo 54, el artículo 55 y el artículo 56 no presentando riesgo para la salud de los sujetos de investigación.

7.4.1 CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO INFORMADO

Según el artículo 25 de la Resolución 8430 de 1993, se obtuvo el consentimiento informado (Anexo 2. Consentimiento informado), de quienes ejercían la patria potestad o representación legal del menor. Así mismo se obtuvo el asentimiento informado por parte de los participantes (Anexo 2.1 Asentimiento informado). Este estudio se desarrolló según la Legislación Colombiana de Buenas Prácticas Clínicas (Resolución No. 002378 de 2008) y la Declaración de Helsinki, en los cuales se regula la confidencialidad de la identidad de los sujetos, los consentimientos informados, los métodos, aval ético y bienestar de los individuos.

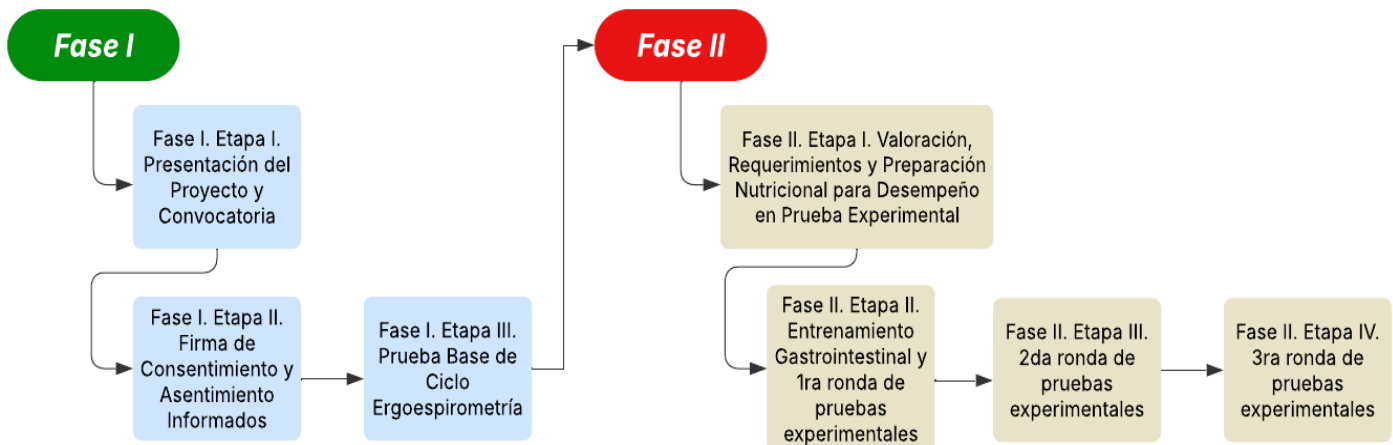
7.4.2 CONFLICTO DE INTERES

Ninguno declarado por el autor, director o equipo de trabajo.

Todos los gastos económicos inherentes a la ejecución del trabajo de investigación presente como materiales, equipamiento, servicios particulares, desplazamientos, logística, bebidas de estudio, laboratorios, refrigerios y necesidades a demanda, corriendo por cuenta del investigador por medio de recursos propios.

7.5 FASES DEL ESTUDIO

Figura 2. Diagrama de Fases de Ejecución de Estudio



Fuente: Elaboración propia. 2025

7.5.1 FASE I. FASE INICIAL

7.5.1.1 FASE I. ETAPA I. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO Y CONVOCATORIA

- A. Se presento el proyecto a distintos entrenadores, ligas y equipos deportivos de ciclismo en la ciudad de Bogotá y municipios aledaños. Una vez determinado el interés y conveniencia de ambas partes, se optó por tres entrenadores ubicados en el municipio de Tocancipá, Cundinamarca.
- B. Se presento el proyecto a los ciclistas convocados por los entrenadores y a sus acudientes legales, además de confirmar que los participantes cumplieran con los criterios de inclusión a través de una encuesta y una toma de medidas antropométricas básicas (Anexo 3).

7.5.1.2 FASE I. ETAPA II. FIRMA DE CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO INFORMADOS

Las técnicas y procesos utilizadas en el estudio, abarcaron la realización de pruebas en laboratorio de rendimiento deportivo y técnicas socio etnográficas como la observación, uso de notas campo, supervisión y análisis de cumplimiento de protocolos de intervención con bebida vegetal de avena y almendra.

En todo momento y lugar primaron la seguridad física y mental de los sujetos de estudio además de la privacidad de los mismos, quienes después de haber aceptado las condiciones del consentimiento informado y firmado el documento, participaron de manera voluntaria (Anexo 2 y 2.1)

7.5.1.3 FASE I. ETAPA III. PRUEBA BASE DE CICLO ERGOESPIROMETRÍA

A dicha prueba se convocó a 14 ciclistas, quienes cumplieran con los requisitos de inclusión mencionados para establecer su perfil fisiológico y determinar sus zonas de entrenamiento por potencia, necesarias para las pruebas posteriores

Se proporcionaron recomendaciones generales a los ciclistas sumadas a las ya mencionadas en explicación del estudio y firma de consentimientos y asentimientos.

Los ciclistas fueron citados al laboratorio de deporte de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales. (U.D.C.A). La prueba fue supervisada por dos metodólogos del deporte, los tres entrenadores mencionados y los acudientes legales de cada ciclista.

Se evaluó la potencia aeróbica mediante la realización de una prueba incremental para la determinación del consumo máximo de oxígeno en el simulador Direto XR, de la marca italiana Elite, al cual cada ciclista adaptó su bicicleta habitual de ruta para competencia. Se registró en forma continua el intercambio de gases respiratorios a través del analizador de gases Cortex Metalyzer 3B, una máscara facial y una turbina de bajo espacio muerto desechable Cortex referencia 010-15-500 por cada ciclista, así como analizadores de gas O₂ y dióxido de carbono (CO₂), que se calibraron según indicaciones del fabricante, cada día de prueba según condiciones ATPS (temperatura ambiente y presión saturada de vaporación de agua) del laboratorio. Sumado a la ayuda de una tableta Samsung Galaxy S8 de 14.6 “, que transmitía una simulación de pista o recorrido visual para el ciclista, donde además podía identificar su distancia, tiempo de carrera, potencia actual y etapa entre otros datos como la FC, para lo cual se utilizó la banda de frecuencia cardíaca Igpsport Hr40.

Se utilizó el protocolo planteado por Zuniga et al, en 2012. El protocolo de evaluación consistió en:

1. Un calentamiento de 3 minutos entre 30 a 60 vatios.
2. La primera fase de la prueba inició con una intensidad de 120 vatios, durante 3 minutos.
3. Posteriormente se realizaron incrementos en la intensidad de 30 vatios, cada 3 minutos.
4. La intensidad se incrementó hasta llegar a la fatiga completa, determinada por percepción de esfuerzo por medio de la escala de Borg modificada (Johnson et al., 2016).
5. 5 minutos de recuperación a 60 vatios (Zuniga et al., 2012).

Ilustración 7. Prueba Incremental y Progresión de FC en prueba



Fuente: Propia. 2024

Después de la vuelta a la calma, los deportistas consumieron una merienda de reposición de 89 g carbohidratos, 28.5 g proteína y 21 g de grasas por medio de dos porciones de 200 ml cada una de leche achocolatada, con un banano mediano, un sándwich de dos tajadas de pan blanco, una tajada de jamón de cerdo y dos de queso mozzarella, además de 800 ml de agua, como refrigerio de recuperación.

Los resultados de la prueba permitieron determinar la homogeneidad de la muestra de ciclistas a nivel fisiológico obteniendo datos para las variables de consumo máximo de O_2 , tasa de intercambio respiratorio, umbral anaeróbico frecuencia cardiaca máxima y las zonas de potencia de cada deportista por vatios, zonas esenciales para la prueba FTP de la fase experimental usando las bebidas vegetales.

Se dio un periodo de 1 semana de recuperación antes de pasar a las pruebas experimentales, sumado a una semana adicional por compromisos académicos y de competencia del grupo de trabajo, durante ese espacio se dio inicio a las etapas I y II de la fase II del estudio.

7.5.2 FASE II. FASE EXPERIMENTAL

7.5.2.1 FASE II. ETAPA I. VALORACIÓN, REQUERIMIENTOS Y PREPARACIÓN NUTRICIONAL PARA DESEMPEÑO EN PRUEBA EXPERIMENTAL

Se evaluó la alimentación de cada uno de los ciclistas con el método de recordatorio de 24 horas durante tres días con un día intermedio entre cada evaluación (Anexo 4), en aras de monitorear y garantizar que la alimentación de los participantes fuera balanceada y nutritiva y que contara con un mínimo de 4.5-5 g/Kg/día de carbohidratos y mínimo 1 g/Kg/día de proteína. Cada sujeto debía cumplir con los requisitos mínimos de /Kg/día de carbohidratos y proteína durante los tres días evaluados, sin falla, de lo contrario debían comenzar de nuevo, con un máximo de tiempo para cumplimiento de una semana adicional a la semana ya en curso de evaluación, esto debido al cronograma de ejecución del estudio. Se desistió de la participación de aquellos sujetos que no cumplieron con el requisito dentro del tiempo estipulado

Además de la entrevista en cada recordatorio cada ciclista entregó soporte fotográfico de todos los alimentos y bebidas consumidos dentro de los tiempos de comida durante el día anterior vía chat personal entre ellos y el equipo investigador. Si el cálculo determinaba que el ciclista no cumplía con los requisitos mínimos de ingesta mencionados de g/Kg/día de carbohidratos y de proteína, se indicaba y asesoraba la corrección, hasta que el ciclista contara con los tres recordatorios bajo las condiciones antes descritas.

La totalidad de los soportes fotográficos y formatos diligenciados no fueron incluidos en este documento, pero pueden ser compartidos con aquellos interesados, posteriormente a que su solicitud haya sido evaluada y autorizada por el grupo investigador.

7.5.2.2 FASE II. ETAPA II. ENTRENAMIENTO GASTROINTESTINAL Y PRIMERA RONDA DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

En la fase II de la prueba experimental, durante las etapas III y IV, los ciclistas consumieron, en un tiempo máximo de 15 minutos y con una hora de antelación a la prueba, un volumen de 625 ml de la bebida asignada. Este volumen aseguró una ingesta de carbohidratos de 5 g por cada 100 ml consumidos, de acuerdo con la composición de la bebida de avena seleccionada, para un total aproximado de 31 g cumpliendo con lo estipulado en las tablas 1, 2 y 3 de este trabajo garantizando 0.5g/min de carbohidratos. Para asegurar el cumplimiento del consumo requerido y evitar molestias gastrointestinales, se indicó a los deportistas realizar un entrenamiento gastrointestinal diario con 700 ml de bebidas densas,

consumidas de forma progresiva en un máximo de 30 a 15 minutos. Este entrenamiento se mantuvo durante las semanas previas y hasta el día de cada prueba, con registro fotográfico diario enviado al equipo investigador.

La primera citación tenía como objetivo caracterizar el rendimiento "basal" de los deportistas mediante las pruebas de FTP y CMJ. En esta fase, se evaluó el estado fisiológico sin la intervención de ninguna bebida o restricción alimentaria específica.

7.5.2.2.1 Equipos Usados

Se utilizó el simulador Direto XR, de la marca italiana Elite, al cual cada ciclista adaptó su bicicleta habitual de ruta para competencia. Todos los ciclistas usaron el mismo ciclo computador Garmin Edge 530, conectado al simulador por conexión bluetooth. Los datos de cada prueba e individuo fueron almacenados en la plataforma Training Peaks, para su posterior descarga y análisis. Para el CMJ, se dio uso a la plataforma de tres celdas Axon Jump T, junto a la aplicación Axon Jump 4.0.

Pasada una hora del consumo de la bebida se dio paso a los siguientes protocolos en el orden en que se exponen. Esto a partir de la etapa III del estudio.

7.5.2.2.2 Protocolo CMJ

En la prueba cada ciclista acudió a la sesión con ropa cómoda y sin calzado. Previo a las mediciones, se realizó un calentamiento general que incluyó movilidad articular y sentadillas. Posteriormente, se llevaron a cabo cinco saltos de tipo CMJ, previa explicación y demostración de la técnica correcta. Se otorgó un intervalo de descanso de 15 segundos entre cada salto para evitar la acumulación de fatiga. Finalizados los saltos, el participante procedió a realizar la prueba de umbral funcional de potencia (FTP). Una vez completada esta prueba, se repitió la batería de cinco saltos CMJ bajo las mismas condiciones descritas inicialmente.

La prueba CMJ fue empleada para evaluar el rendimiento neuromuscular de los ciclistas a través de tres variables principales:

- **Vuelo:** Medida en milisegundos (ms), relacionada con el tiempo en el aire, la cual se interpreta como un indicador indirecto de la potencia explosiva y la capacidad de generar fuerza.
- **Altura:** Medida en centímetros (cm), que permite estimar la elevación conseguida durante el salto.
- **Velocidad:** Medida en metros por segundo (m/s), que refleja la rapidez con que se ejecuta el salto.

7.5.2.2.3 Protocolo Prueba FTP

Se dio uso a el protocolo empleado por Gómez et al en 2023. El protocolo tuvo un periodo inicial de calentamiento (5 minutos) a una intensidad leve (zona 1 y 2) de acuerdo a los resultados individuales de cada ciclistas en las pruebas de ciclo ergoespirómetro, para luego continuar con las siguientes activaciones:

1. **Activación 1:** Al minuto 5. Se dividió en tres fases cada una de 20 segundo en zonas 3,4 y 5. Luego, se dio un periodo de transición de 3 minutos en zona 1 para así, iniciar con la activación número 2.
2. **Activación 2:** Al minuto 9. Se dividió en dos fases de 3 y 2 minutos en zonas 4 y 5 respectivamente hasta el minuto 14. Luego, siguió un periodo de 6 minutos de transición en zona 1 para iniciar con la prueba FTP por 20 minutos.
3. **Prueba FTP:** Al minuto 20. Durante la prueba se exigió mantener una intensidad alta (zona 4 y 5) por 19 minutos 30 segundos, con un sprint final de 30 segundos. Una vez transcurrido este tiempo, se dio un periodo de vuelta a la calma de 5 minutos a una intensidad zona 1 (Gómez et al., 2023).

7.5.2.3 FASE II. ETAPA III. SEGUNDA RONDA DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

Cumplido el tiempo de dos semanas establecido al final de la fase I y con el cumplimiento de las etapas I y II de la fase II, se dio paso a la etapa III de la misma fase. En las etapas III y IV se da uso al mismo protocolo de FTP y CMJ, con la adición de las restricciones alimentarias, el uso de las bebidas, la toma de bioquímicos (lactato y glucosa) y la implementación de la encuesta de síntomas GI. Previo a la evaluación los deportistas fueron informados sobre las siguientes recomendaciones:

1. No realizar actividad física vigorosa 36 a 48 horas antes a la prueba.

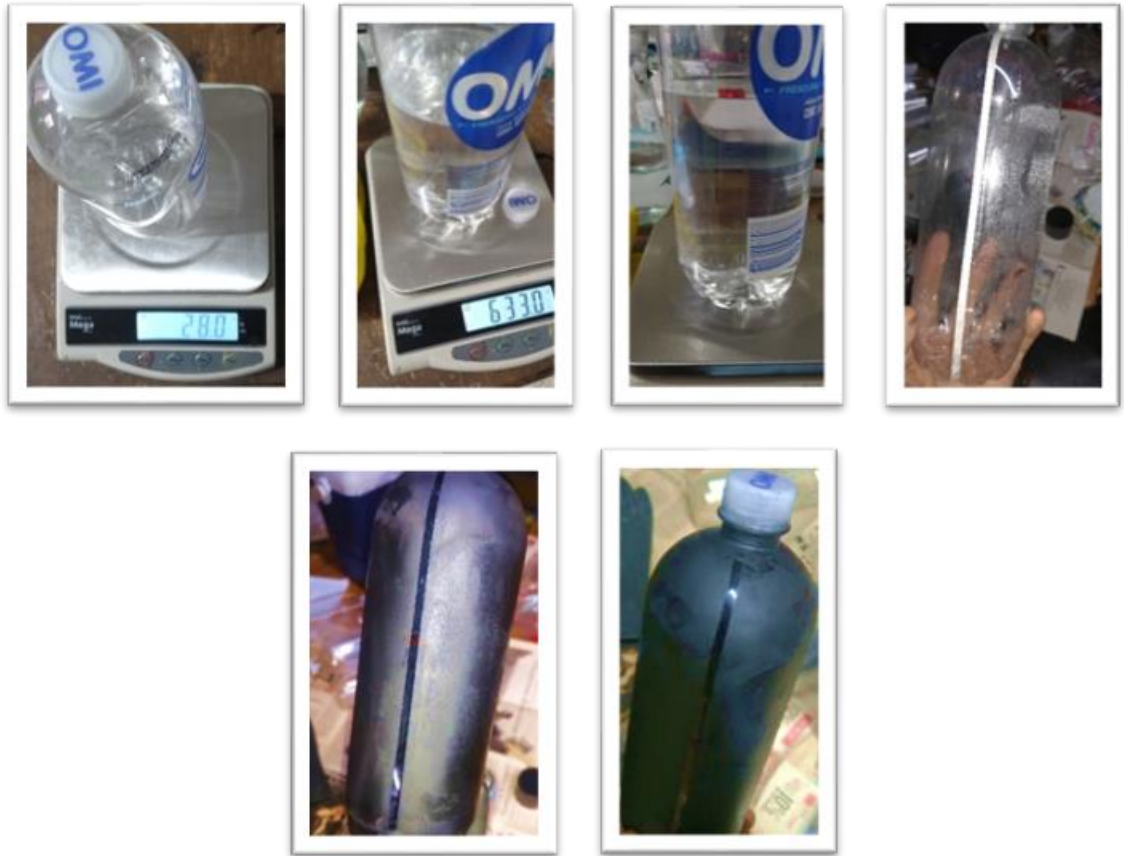
2. Haber dormido mínimo 8 horas.
3. Haber consumido alimentos o tiempo de comida, sin fuentes de carbohidrato mínimo dos horas antes.
4. No consumir fuentes de gluten dos días previos a la prueba y el mismo día.
5. No consumir fuentes con contenido denso de carbohidratos el día de la prueba, pero si en días previos.
6. No consumir lácteos y derivados dos días previos a la prueba y el mismo día.
7. No consumir frutas con alto contenido de fibra soluble. (Anexo 5)

Debido a la naturaleza del estudio los ciclistas actuaban como su control interno, por lo que, para garantizar la aleatorización de las bebidas a los deportistas y el correcto seguimiento por horarios y logística, se asignaron dos fechas en la semana, cada una para la mitad del grupo de ciclistas. Cada mitad fue sorteada por un tercero, posteriormente se le asignó una hora específica a cada ciclista según su día de prueba por medio del chat personal entre ambas partes, también con ayuda de recordatorios visuales (Anexo 6).

7.5.2.3.1 Suministro de Bebidas

Las bebidas (625 ml de bebida vegetal de avena o almendra) fueron preparadas y administradas por un asistente entrenado, con quien los participantes solo tuvieron contacto una semana antes del inicio del estudio para minimizar posibles sesgos. Las bebidas fueron envasadas en botellas opacas de 630 ml, previamente taradas para garantizar precisión en el volumen suministrado. La asignación fue ciega para los participantes, y el asistente fue el único que conocía la distribución. Además, la asignación de la primera semana de la fase II fue sorteada por un tercero para reforzar el control del sesgo.

Ilustración 8. Pesaje, marcado de volumen y adecuación de recipiente para ensayo doble ciego cruzado



Fuente: Propia. 2024. Las imágenes de izquierda a derecha muestran respectivamente 1) El pesado de la botella de plástico vacía. 2) El pesado de la botella con un volumen promedio de 630 ml de agua y con su propio peso tarado usando la gramera digital MAG Scale 3000 g. 3) El marcaje del volumen con una línea horizontal roja. 4) El recubrimiento de la botella de color negro con pintura en aerosol, la cual una vez seca no representa peligro a la integridad o salud humana. Se deja al costado una línea para visualizar la marca para el llenado.

7.5.2.3.2 Protocolo de Medición de Glucosa y Lactato en sangre

***Solamente antes de todas las pruebas con el fin de obtener datos basales y durante la prueba FTP ***

Se tomaron muestras de glucosa y lactato en sangre de la siguiente manera:

- Por medio de una leve punción con lanceta Accu-Check Softclicx en el lóbulo de la oreja con una punción inicial de descarte para limpiar la salida de sangre con algodón húmedo en alcohol y otro seco para no contaminar la muestra, siguiendo protocolos de desinfección, asepsia y esterilidad.

- Para la toma de glucosa, se usó el dispositivo Accu-Check Active con sus respectivas tirillas Accu-Check Active. Tomas: antes de iniciar la prueba de CMJ para valores basales, posteriormente al minuto 5, 10, 15 y 20 durante la prueba de FTP (minutos 25, 30, 35 y 40 dentro del tiempo global de la prueba FTP incluyendo los 20 minutos de activación).
- Para el lactato, se usó el dispositivo EKF Lactate Scout 4 y respectivas tirillas Lactate Scout. Tomas: antes de iniciar la prueba de CMJ para valores basales, posteriormente al minuto 5, 10, 15 y 20 durante la prueba de FTP (minutos 25, 30, 35 y 40 dentro del tiempo global de la prueba FTP incluyendo los 20 minutos de activación).
- Las tomas de glucosa y lactato se hicieron seguidas una de otra con la misma punción, posterior a la de descarte. Primero se tomó la muestra de glucosa, seguido de la muestra de lactato.

7.5.2.3.3 Encuestas de síntomas gastrointestinales

Después del consumo de la bebida durante el periodo de espera de una hora antes de dar comienzo a las pruebas y al finalizar los protocolos de la fase II durante las semanas cuatro y seis del estudio, se llevó a cabo la encuesta sobre posibles síntomas GI tales como dolores, malestares estomacales, gases o flatulencias, tomado del trabajo adaptativo de Kulich y compañía (Kulich et al., 2005).

7.5.2.3.4 Ración de Recuperación y Semana de Lavado

Una vez terminados todos los protocolos y completada la encuesta de síntomas GI, los deportistas consumieron un refrigerio de 89 g carbohidratos, 28.5 g proteína y 21 g de grasas por medio de dos porciones de 200 ml cada una de leche achocolatada, con un banano mediano, un sándwich de pan blanco tajado, una tajada de jamón de cerdo y dos de queso mozzarella y 800 ml de agua, como refrigerio de recuperación. Al completar las pruebas y tras consumir la ración los deportistas citados en ambas jornadas tuvieron una semana de lavado.

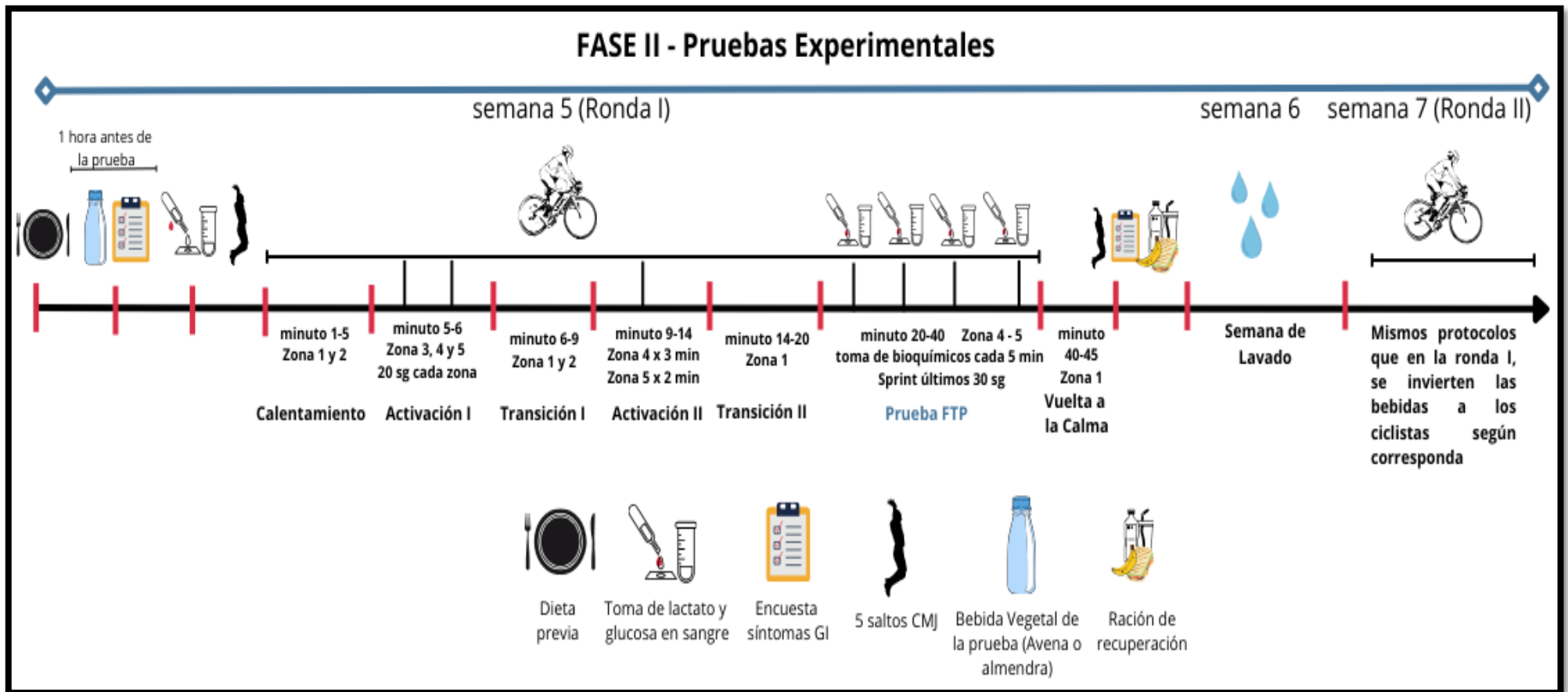
7.5.2.4 FASE II. ETAPA IV. TERCERA RONDA DE PRUEBAS EXPERIMENTALES

Se siguieron las condiciones descritas en las fases anteriores sobre acompañamiento de personal durante la prueba al igual que indicaciones y locaciones.

La fase II etapa IV, siguió las mismas indicaciones que la fase II etapa III, sufriendo cambios únicamente en el manejo de las bebidas, se aseguró de que cada individuo consumiera la bebida opuesta a la consumida en la etapa III.

La figura 3 evidencia el orden de ejecución de la fase experimental con bebidas.

Figura 3. Orden de ejecución de la fase experimental con bebidas.



Fuente: Elaboración propia 2025

7.6 VARIABLES

En el desarrollo de la investigación se implementaron las siguientes variables de análisis:

- **Variable de Control:** prueba de ergoespirometría (consumo oxígeno máximo (VO_2 máx), frecuencia cardíaca, umbral anaeróbico (AT), tasa de intercambio respiratorio (RER)).
- **Variables dependientes:** prueba de Umbral de Potencia Funcional (Tasa de trabajo, potencia relativa, potencia normalizada, potencia máxima, frecuencia cardíaca, factor de eficiencia), prueba de salto contra movimiento (altura, tiempo de vuelo, velocidad), nivel de lactato en sangre, nivel de glucosa en sangre
- **Variables independientes:** bebidas objetivo de avena y de almendra.
- **Variables intervinientes:** dosis de las bebidas y tiempo de consumo.
- **Variables intermedias:** edad, peso, talla, IMC, síntomas GI del atleta.

La operacionalización de las variables puede ser encontrada en el Anexo 7 de este documento.

7.7 INSTRUMENTOS

Los elementos ya mencionados para las pruebas en sus distintas fases y etapas, además de computadora portátil, celular con cámara para el registro de imágenes, audios y videos de las pruebas. A continuación, para conveniencia de lector que desee tener los equipos de referencia se enlistaran nuevamente:

- Simulador de ciclismo Direto XR.
- Analizador de gases Cortex Metalyzer 3B.
- Turbina de bajo espacio muerto desechable Cortex referencia 010-15-500.
- Tableta Samsung Galaxy S8 de 14.6 “.
- Estadiómetro de pared, Anthro Flex Modelo #401.
- Cinta métrica Lufkin, W606PM.
- Báscula Digital THG.
- Gramera digital MAG Scale 3000 g.
- Lector EKF Lactate Scout 4, con respectivas tirillas y lancetas.
- Lector Accu-Check Active, con respectivas tirillas y lancetas.
- Celular Motorola G7 plus.
- Portátil Asus Vivobook Pro 15. K3500PA

7.8 PROCESAMIENTO DE DATOS

La normalidad de los datos obtenidos en las pruebas de rendimiento (FTP y CMJ) y bioquímicas (glucosa y lactato) fue evaluada mediante la prueba de Shapiro-Wilk. Para comparar los resultados de las pruebas de rendimiento, se utilizó un análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas, seguido de la prueba post hoc de Tukey para identificar diferencias significativas entre medias. En el caso de las variables bioquímicas, se empleó adicionalmente la prueba exacta de Fisher para analizar datos categóricos en tablas de contingencia. Para la comparación de medias en mediciones pareadas, se aplicó la prueba T Student para muestras dependientes. Se estableció un nivel de significancia de $p < 0.05$ para todas las pruebas, y el análisis fue realizado utilizando el software estadístico R, versión 4.3.3 de 2024 (R Core Team, 2024).

8 RESULTADOS

8.1 TAMAÑO MUESTRAL

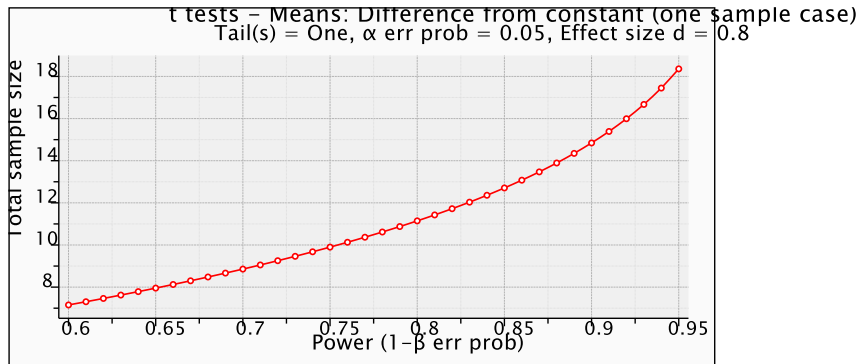
Para mejorar el tamaño de la muestra en posibles estudios futuros, con la premisa que este trabajo sería la línea de base para posteriores investigaciones similares o con relación, se planteó el siguiente análisis estadístico para mejorar la potencia de la muestra, basado en la potencia de la prueba para reducir el error de tipo 2 en el contraste de hipótesis a nivel de confianza del 95%. Con un tamaño de efecto grande d_z 0.8 (80%) mínimo de potencia estadística requerido (Cárdenas Castro & Arancibia Martini, 2014; Ramos-Galarza, 2020).

La tabla 7 muestra el comportamiento de la potencia estadística de la prueba con relación al tamaño de la muestra: La potencia de la prueba proporciona un valor entre 0 y 1, entre más cercano a uno, es mayor la potencia de la prueba reduciendo los errores de inferencia del estudio. La tabla 7 y la figura 4 fueron realizadas con el software G*Power, desarrollado por la Universität de Düsseldorf (G * Power 3.1 Manual, 2023). Los resultados muestran que con 7 a 8 participantes la potencia se encuentra en valores moderados (0.60–0.66) respecto a la potencia estadística requerida, lo que limita la capacidad de detección de diferencias significativas entre condiciones.

Tabla 7. Comportamiento de la Potencia del Tamaño Muestral.

N	Potencia
7.15	0.60
8.12	0.66
11.14	0.80
13.89	0.88
18.35	0.95

Fuente: Elaboración propia en base a datos obtenidos por medio del software G*Power versión 3.1.9.7.

Figura 4. Potencia de la Prueba del Tamaño Muestral

Fuente: Elaboración por medio del software G*Power versión 3.1.9.7.

En la figura 4 se aprecia la potencia de la prueba estadística en función al tamaño muestral. Para la población final del estudio la potencia es del 66%, mientras que para cumplir con el mínimo de potencia estadístico del 80% de potencia se requiere de 11 participantes. Para obtener una potencia estadística óptima del 95% se requiere de 18 participantes. Después de un tamaño de muestra de 19 sujetos el aumento de la potencia de la prueba no es relevante por lo que un tamaño de muestra alrededor de los 18 sujetos sería suficiente para reducir cualquier error en las conclusiones obtenidas en una futura investigación en base a la potencia estadística.

Estos hallazgos reflejan que el número final de ciclistas incluidos en este estudio ($n=8$) otorga una potencia estadística moderada, suficiente para identificar tendencias, pero no necesariamente para detectar diferencias pequeñas con significancia estadística. En consecuencia, los resultados deben interpretarse con cautela y considerarse principalmente como exploratorios y preliminares, recomendando en futuros estudios incrementar el tamaño de la muestra para garantizar una potencia superior al umbral del 80%, que es el valor habitualmente aceptado en investigación experimental.

8.2 FASE I. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA POBLACIÓN

Figura 5. Recordatorio de 24 horas diligenciado con cálculo de gramos de carbohidratos y proteína por Kg de peso

		Aporte nutricional promedio del intercambio										
		Intercambios	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasa total (g)	Carbohidratos (g)	Fibra Dietaria (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina A (ER)	Vitamina C (mg)
Grupo I Cereales, raíces, tubérculos y plátanos	Subgrupo I Cereales	10,8	950,4	23,76	16,2	180,36	11,88	228,96	11,88	5,4	378	17,28
	Subgrupo II Raíces		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo III Tubérculos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo IV Plátanos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo II Frutas y verduras	Subgrupo I Frutas	0,5	27,5	0,5	0,15	6,95	1,15	8,5	0,35	0,055	39	24
	Subgrupo II Verduras	3	72	3,9	0,9	15,9	4,8	63	4,2	0,63	1002	102
Grupo III Leche y productos lácteos	Subgrupo I-A Leche entera		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II-A Productos lácteos grasa entera	1,5	129	8,4	7,95	5,85	0	247,05	0,3	1,05	78,3	0,45
	Subgrupo I-B Lácteos con reducción de grasa		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II-B Productos lácteos con reducción de grasa		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo IV Carnes, huevos, leguminosas secas, frutos secos y semillas	Subgrupo I-A Carnes magras crudas	2	158	19,8	8,2	4	0	21	2	1,6	16,4	2
	Subgrupo I-B Productos altos en grasas saturadas y colesterol		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II Huevos	2	154	13	10,6	0,8	0	56	2,6	1,2	141	0
	Subgrupo III Leguminosas secas cocidas y mezclas vegetales cocidas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo V Grasas	Subgrupo IV Frutos secos y semillas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo I Grasas poliinsaturadas	0,3	13,2	0	1,5	0	0	0,06	0	0	0,3	0
	Subgrupo II Grasas monoinsaturadas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo VI Azúcares	Subgrupo III Grasas Saturadas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo I Azúcares simples	3,3	267,3	0,33	0	71,61	0	27,06	0,99	0	0	1,65
	Subgrupo II Dulces y postres		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			1771,4	69,69	45,5	285,47	17,83	651,63	22,32	9,935	1655	147,38

Macronutriente	AMDR
PRO (g)	15
Grasa total (g)	32
CHO (g)	53
	100

Peso (Kg)	63
CHO/g/Kg	4,53
PRO/g/Kg	1,11

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla de composición de alimentos de Colombia del ICBF 2015 y 2018

Cada sujeto tuvo que generar hábitos de alimentación que garantizaran los requisitos de selección descritos en el aparte metodológico de selección de participantes 7.5.2.1, con el fin de garantizar las reservas adecuadas de proteína y glucógeno hepático e intramuscular necesarios para las pruebas de campo. A su vez se buscó generar un equilibrio de nutrientes entre los

participantes, debido a la difícil tarea de garantizar la misma alimentación para cada sujeto por limitaciones espaciales, familiares y económicas entre otras. Finalmente, el procedimiento también actuó como un filtro conforme a lo descrito en el numeral metodológico 7.2.3. Quienes no cumplieron con el requisito no participaron en el estudio, que, sumado a los filtros previos y posteriores, proporciono una población final de 8 sujetos.

La tabla 8, muestra las características generales de la población final. 8 ciclistas de ruta jóvenes hombres altamente entrenados, con un rango de edad de 15 a 17, como muestra final, lo que corresponde al 57 % del total de la muestra planteada de 14 individuos. El porqué de este número final, fue explicado anteriormente. Con una media de 16 años, 58 Kg de peso, 1.70 mts de estatura y 19.8 Kg/m² de IMC. Con DE pequeñas en general mostrando lo unificada que es la muestra a pesar de su tamaño. Resaltar que la única DE, de alto valor, es la correspondiente al peso, lo cual es de esperar debido a los cambios en composición corporal, lo cual genera una mayor dispersión de valores.

Tabla 8. Características Generales de la Población

Ciclistas	Sexo	Edad (años)	Media	DE	Peso (Kg)	Media	DE	Talla (mts)	Media	DE	Talla Sentado (mts)	Media	DE	IMC (Kg/m ²)	Media	DE
1	Masculino	16	16	0.76	63	57.8	7.42	1.82	1.7	0.07	0.957	0.907	0.03	19.0	19.84	1.60
2		16			67			1.74			0.940			22.1		
3		16			58			1.67			0.891			20.8		
4		15			47			1.65			0.888			17.3		
5		16			56			1.65			0.872			20.6		
6		15			51			1.67			0.915			18.3		
7		17			67			1.78			0.898			21.1		
8		17			53			1.65			0.894			19.5		

Fuente: Elaboración propia. 2025

Tabla 9. Pico de Velocidad de Crecimiento.

Ciclistas	Longitud Miembros Inferiores (LMI en cm)	Media	DE	Estatura Tronco-Cefálica (ETC en cm)	Media	DE	Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC)	Media	DE
1	86.3	79.7	4.9	95.7	90.7	2.8	1.77	1.08	0.52
2	80			94			1.54		
3	77.9			89.1			0.87		
4	76.2			88.8			0.32		
5	77.8			87.2			0.61		
6	75.5			91.5			0.67		
7	88.2			89.8			1.44		
8	75.6			89.4			1.44		

Fuente: Elaboración propia. 2025

En la Tabla 9 se presentan los valores del **Pico de Velocidad de Crecimiento (PVC)** calculados mediante las ecuaciones de regresión de Mirwald et al. (2002), ampliamente validadas en población latinoamericana (Gomez Campos et al., 2012; Hobold et al., 2017; Koziel et al., 2024). Los resultados muestran un rango entre **0.32 y 1.77 años post-PVC**, con una media de **1.08 ± 0.52 años**, lo que indica que todos los ciclistas ya han superado su punto máximo de velocidad de crecimiento y se encuentran en etapa post-madural. Esta condición permite clasificarlos como **maduradores promedio**, sin presencia de sujetos tardíos ni tempranos, dado que no se identificaron valores cercanos a cero o negativos (indicativos de proximidad al PVC), ni valores superiores a dos años (indicativos de maduración temprana). La relativa homogeneidad en el estado de maduración de la muestra constituye una fortaleza metodológica, ya que disminuye la variabilidad biológica y minimiza el riesgo de sesgo en la interpretación de las respuestas fisiológicas y de rendimiento, permitiendo atribuir con mayor certeza los hallazgos a la intervención nutricional y no a diferencias en el estadio de crecimiento (Hobold et al., 2017; Malina et al., 2015).

8.3 FASE I. CARACTERÍSTICAS FISIOLÓGICAS DE LA POBLACIÓN

En la tabla 10 se presentan los resultados de las variables obtenidas durante la prueba de ergoespirometría durante la fase I etapa III del estudio. En sintonía con los datos obtenidos en características generales de la población, los datos obtenidos durante la prueba con el ciclo ergómetro, soportan la homogeneidad de la muestra desde una perspectiva fisiológica,

con una media de 65 VO₂ máx, 1.05 de tasa de intercambio respiratorio (TIR), 2.2 umbral anaeróbico (UA) y 192 de FR máxima, y DE respectivas relativamente bajas.

Tabla 10. Variables Fisiológicas Medidas en Ergoespirometría

	VO ₂ máx. ml/Kg/min	TIR	UA (L/min)	FR máx (l/min)
Media	65	1.05125	2.19625	192
DE	4.153	0.051	0.447	8.109

Consumo de Oxígeno Máximo (VO₂ máx), Tasa de Intercambio Respiratorio (TIR), Umbral Anaeróbico (UA), Frecuencia Cardíaca Máxima (FR máx)

8.4 FASE II. VARIABLES ANALIZADAS

8.4.1 PRUEBA FTP

En la prueba FTP, se tuvieron en cuenta seis variables de análisis:

- Tasa de Trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Potencia Máxima (PotMax), Frecuencia Cardíaca (FC), Factor de Eficiencia (FactEf).

Medidas para las dos activaciones de calentamiento previas y para la prueba FTP en sí, durante las tres rondas: sin bebida o basal (B), con bebida de avena (AV) y bebida de almendra (AL).

8.4.1.1 ACTIVACIÓN I

La tabla 11, muestra los estadísticos descriptivos de la activación I. Las medias de las variables se encuentran en un rango relativamente cercano entre las bebidas y la prueba basal, lo que indica que no hubo variaciones considerables entre las tres. Las DE reflejan que la variabilidad dentro de cada condición es en general moderada, sin una bebida que presente mayor homogeneidad o dispersión de forma consistente.

Tabla 11. Estadísticos Descriptivos de la Activación I

Variable	Media	DE
TasaTrabB	17.625	4.838
TasaTrabAL	17.375	3.292
TasaTrabAV	16.500	3.891
PotRelB	12.841	3.671

PotRelAL	12.100	2.725
PotRelAV	10.540	2.745
PotNorB	308.875	91.715
PotNorAL	299.250	76.505
PotNorAV	272.750	80.567
FCB	140.125	22.427
FCAL	146.875	10.385
FCAV	144.125	16.199
PotMaxB	488.875	100.708
PotMaxAL	473.375	142.714
PotMaxAV	417.000	142.643
FactEfB	2.375	0.294
FactEfAL	2.256	0.470
FactEfAV	2.106	0.635

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

De acuerdo con la tabla 12, no se detectan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en las variables en función del tipo de bebida consumida. Esto implica que, al menos para la activación 1, el rendimiento no parece variar de manera significativa en razón a las bebidas.

Tabla 12. Prueba ANOVA para la Activación I

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
TasaTrab	Bebidas	2	5.6	2.792	0.170	0.85
	Residuales	21	345.7	16.464		
PotRel	Bebidas	2	22.08	11.038	1.164	0.33
	Residuales	21	199.07	9.479		
PotNor	Bebidas	2	5600	2800	0.405	0.67
	Residuales	21	145290	6919		
FC	Bebidas	2	184	92.17	0.317	0.73
	Residuales	21	6113	291.08		
PotMax	Bebidas	2	22892	11446	0.675	0.52
	Residuales	21	355997	16952		
FactEf	Bebidas	2	0.29	0.1451	0.612	0.55
	Residuales	21	4.977	0.237		

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf)

La tabla 13 confirma los hallazgos del ANOVA: los intervalos de confianza de la diferencia de medias incluyen el 0 y los p-valores ajustados superan 0.05 en casi todas las

comparaciones. En consecuencia, no se evidencia un efecto claro de las bebida en el rendimiento medido durante la activación 1.

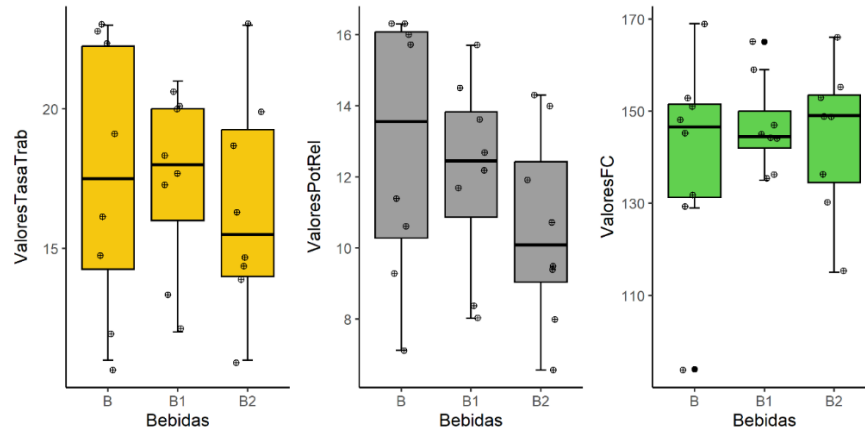
Tabla 13. Prueba TUKEY para la Activación I

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
TasaTrab	AL-B	-0.250	-5.364	4.864	0.99
	AV-B	-1.125	-6.239	3.989	0.85
	AV-AL	-0.875	-5.989	4.239	0.90
PotRel	AL-B	-0.741	-4.621	3.139	0.88
	AV-B	-2.301	-6.181	1.579	0.31
	AV-AL	-1.560	-5.440	2.320	0.58
PotNor	AL-B	-9.625	-114.453	95.203	0.97
	AV-B	-36.125	-140.953	68.703	0.67
	AV-AL	-26.500	-131.328	78.328	0.80
FC	AL-B	6.750	-14.752	28.252	0.71
	AV-B	4.000	-17.502	25.502	0.89
	AV-AL	-2.750	-24.252	18.752	0.94
PotMax	AL-B	-15.500	-179.590	148.590	0.97
	AV-B	-71.875	-235.965	92.215	0.52
	AV-AL	-56.375	-220.465	107.715	0.67
FactEf	AL-B	-0.119	-0.732	0.495	0.88
	AV-B	-0.269	-0.882	0.345	0.52
	AV-AL	-0.150	-0.764	0.464	0.81

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf)

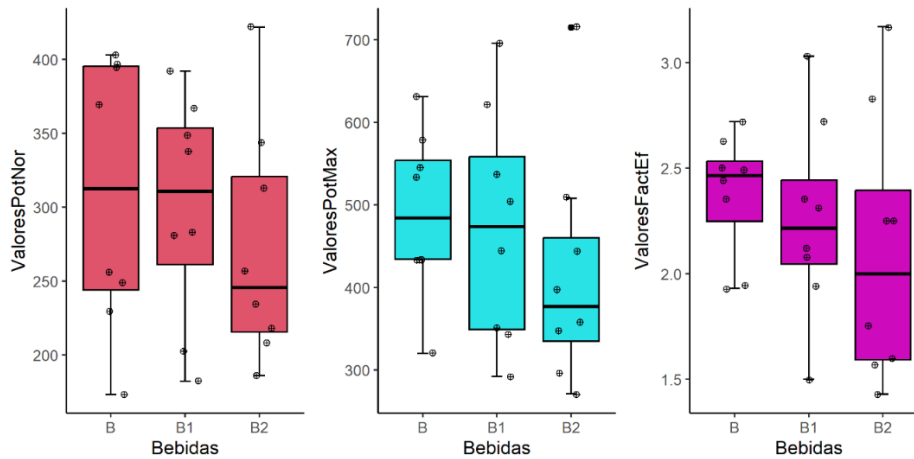
Se observa en los gráficos de cajas y bigotes que la dispersión es similar entre las tres condiciones de bebidas (AL, AV y PB) en la mayoría de las variables. Aunque se observan algunos valores atípicos (outliers), no se distinguen patrones claros que sugieran un cambio marcado en el rendimiento con una bebida específica durante la activación I.

Figura 6. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación I para TasaTrab, PotRel y FC



Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Frecuencia Cardiaca (FC), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Figura 7. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación I para PotNor, PotMax y FactEf



Potencia Normalizada (PotNor), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

8.3.1.2 ACTIVACIÓN II

Durante la activación II se evidencia datos muy similares a los obtenidos en la activación I, sin diferencias significativas identificadas en los datos analizados.

Tabla 14. Estadísticos Descriptivos de la Activación II

Variable	Media	DE
TasaTrabB	73.125	13.05415
TasaTrabAL	72.625	9.679692

TasaTrabAV	75.125	13.68458
PotRelB	10.53875	1.928215
PotRelAL	10.41875	1.524977
PotRelAV	10.745	2.083623
PotNorB	250.625	37.96968
PotNorAL	251.875	36.93019
PotNorAV	256.125	43.44598
FCB	167.375	15.64734
FCAL	165.375	7.998884
FCAV	159.875	17.99554
PotMaxB	415.125	126.2418
PotMaxAL	412	85.73381
PotMaxAV	424.875	137.988
FactEfB	1.58125	0.174637
FactEfAL	1.70375	0.458785
FactEfAV	1.78	0.805765

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Tabla 15. Prueba ANOVA para la Activación II

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
TasaTrab	Bebidas	2	28	14	0.093	0.91
	Residuales	21	3160	150.5		
PotRel	Bebidas	2	0.44	0.218	0.063	0.94
	Residuales	21	72.7	3.462		
PotNor	Bebidas	2	133.000	66.5	0.043	0.96
	Residuales	21	32852.000	1564.4		
FC	Bebidas	2	241	120.7	0.572	0.57
	Residuales	21	4429	210.9		
PotMax	Bebidas	2	722	361	0.026	0.98
	Residuales	21	296296	14109		
FactEf	Bebidas	2	0.161	0.08043	0.271	0.77
	Residuales	21	6.232	0.29675		

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf)

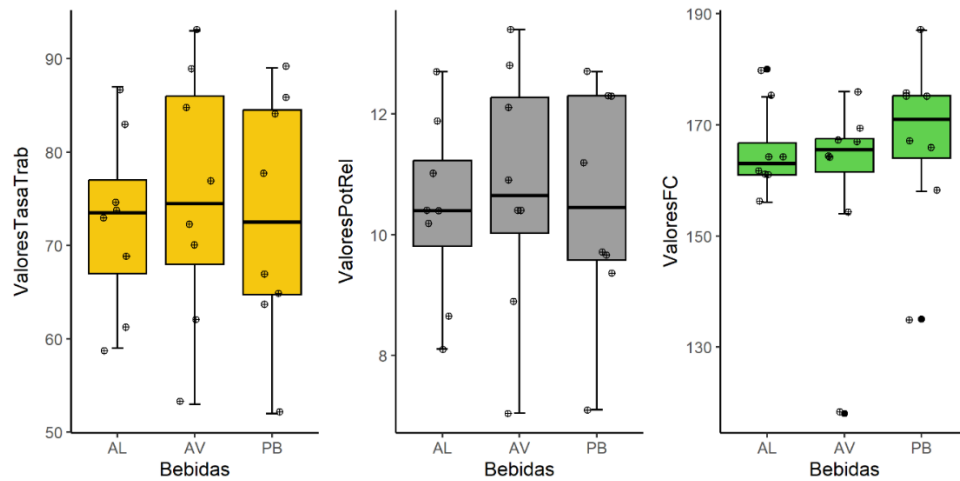
Tabla 16. Prueba TUKEY para la Activación II

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
TasaTrab	AL-B	-0.500	-15.95884	14.95884	0.9963431

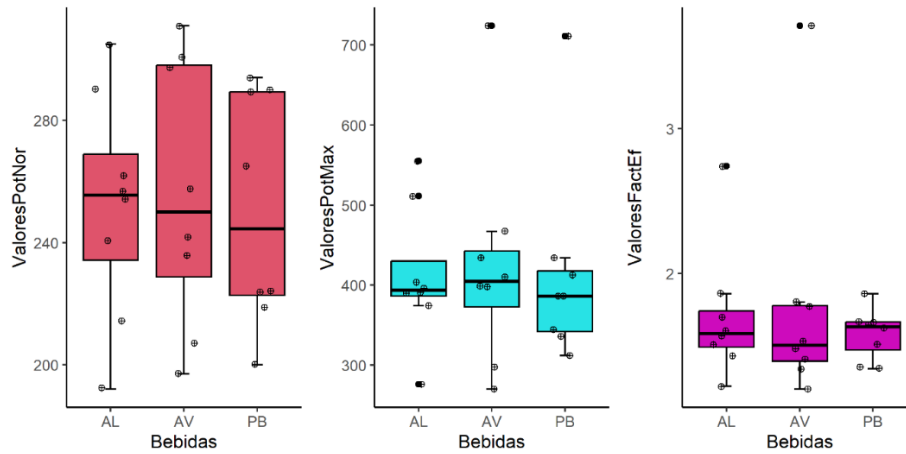
	AV-B	2.000	-13.45884	17.45884	0.9432236
	AV-AL	2.500	-12.95884	17.95884	0.9128567
PotRel	AL-B	-0.120	-2.465	2.225	0.99
	AV-B	0.206	-2.139	2.551	0.97
	AV-AL	0.326	-2.019	2.671	0.93
PotNor	AL-B	1.25	-48.597	51.097	1.00
	AV-B	5.5	-44.347	55.347	0.96
	AV-AL	4.250	-45.597	54.097	0.97
FC	AL-B	-2.000	-20.302	16.302	0.96
	AV-B	-7.500	-25.802	10.802	0.56
	AV-AL	-5.500	-23.802	12.802	0.73
PotMax	AL-B	-3.125	-152.825	146.575	1.00
	AV-B	9.750	-139.950	159.450	0.99
	AV-AL	12.875	-136.825	162.575	0.97
FactEf	AL-B	0.123	-0.564	0.809	0.90
	AV-B	0.199	-0.488	0.885	0.75
	AV-AL	0.076	-0.610	0.763	0.96

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf)

Figura 8. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación II para TasaTrab, PotRel y FC



Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Frecuencia Cardiaca (FC), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Figura 9. Gráficos de cajas y Bigotes de la Activación II para PotNor, PotMax y FactEf

Potencia Normalizada (PotNor), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

8.3.1.3 FTP

Todos los valores fueron superiores en cada variable al usar bebidas comparando con la prueba sin bebida. La diferencia se acentúa entre las pruebas con bebidas en los valores obtenidos en potencia máxima con un 6.8% + para AV y factor de eficiencia con un 13.6% para AV.

Tabla 17. Estadísticos Descriptivos de la prueba FTP

Variable	Media	DE
TasaTrabB	245.5	248.5
TasaTrabAL	261.375	273.5
TasaTrabAV	265.75	263
PotRelB	8.95	9.1
PotRelAL	9.55	10.05
PotRelAV	9.7125	9.6
PotNorB	210.5	215.5
PotNorAL	234.125	237.5
PotNorAV	236.875	247
FCB	180	182
FCAL	178.25	178.5
FCAV	175.875	174.5
PotMaxB	527.125	511.5
PotMaxAL	706.375	627.5
PotMaxAV	758.125	807.5
FactEfB	1.24375	1.315
FactEfAL	1.4025	1.435
FactEfAV	1.61625	1.505

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV) En cuanto al análisis estadístico, la tabla 18 arroja p-valores por encima de 0.05 en casi todas las variables, indicando que no existen diferencias significativas entre B, AL y AV en la prueba FTP. La única excepción parcial es el FactEf, cuyo p-valor (0.08) se acerca al umbral de 0.05, sin llegar a superarlo.

Tabla 18. Prueba ANOVA para la prueba FTP

Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
TasaTrab	Bebidas	2	1817	908.3	0.372	0.69
	Residuales	21	51217	2438.9		
PotRel	Bebidas	2	2.58	1.29	0.375	0.69
	Residuales	21	72.33	3.444		
PotNor	Bebidas	2	3364.000	1682	1.030	0.37
	Residuales	21	34294.000	1633		
FC	Bebidas	2	68.6	34.29	0.404	0.67
	Residuales	21	1784.4	84.97		
PotMax	Bebidas	2	235119	117560	2.396	0.12
	Residuales	21	1030520	49072		
FactEf	Bebidas	2	0.5591	0.27953	2.852	0.08
	Residuales	21	2.0585	0.09802		

Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf)

La prueba TUKEY respalda estos hallazgos, la única excepción parcial se observa en el FactEf, cuyo p-valor sugiere una diferencia marginal, pero no concluyente al nivel de significancia convencional del 95%, pero si al 90%.

Tabla 19. Prueba TUKEY para la prueba FTP

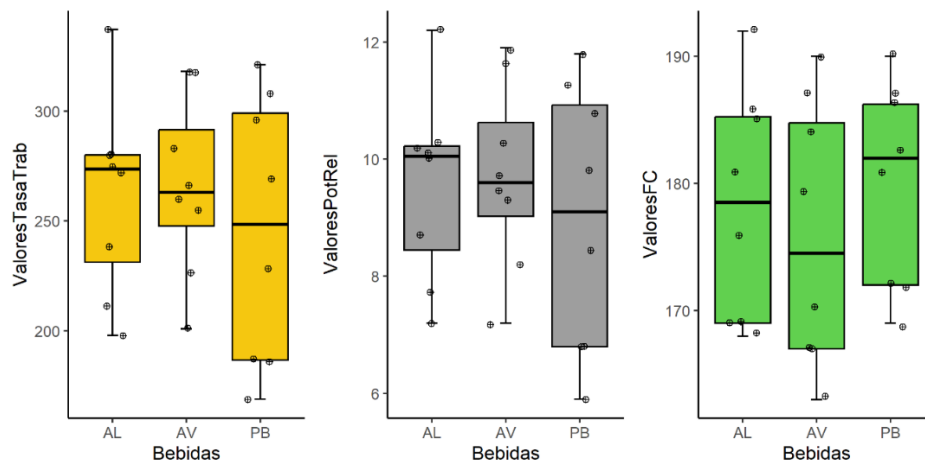
TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
TasaTrab	AL-B	15.875	-46.36475	78.11475	0.7983312
	AV-B	20.250	-41.98975	82.48975	0.6949916
	AV-AL	4.375	-57.86475	66.61475	0.9828569
PotRel	AL-B	0.600	-1.73892	2.93892	0.79628
	AV-B	0.763	-1.57642	3.10142	0.69400
	AV-AL	0.163	-2.17642	2.50142	0.98325
PotNor	AL-B	23.625	-27.30418	74.55418	0.48390

	AV-B	26.375	-24.55418	77.30418	0.40792
	AV-AL	2.75000	-48.17918	53.67918	0.98984
FC	AL-B	-1.75000	-13.36722	9.86722	0.92389
	AV-B	-4.12500	-15.74222	7.49222	0.64931
	AV-AL	-2.37500	-13.99222	9.24222	0.86476
PotMax	AL-B	179.25000	-99.93192	458.43190	0.26018
	AV-B	231.00000	-48.18192	510.18190	0.11711
	AV-AL	51.75000	227.43192	330.93190	0.88727
FactEf	AL-B	0.15875	-0.23583	0.55333	0.57638
	AV-B	0.37250	-0.02208	0.76708	0.06652
	AV-AL	0.21375	-0.18083	0.60833	0.37642

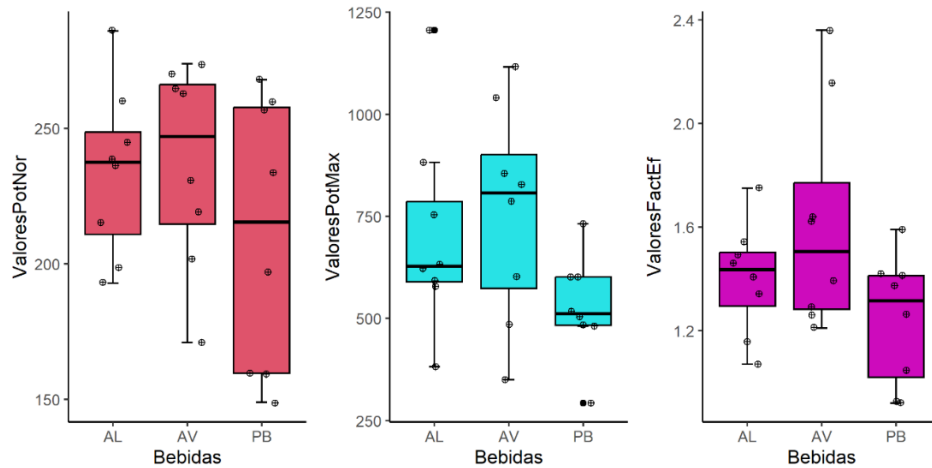
Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Potencia Normalizada (PotNor), Frecuencia Cardiaca (FC), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf)

Se observa que las cajas y bigotes tienen una extensión similar entre grupos, lo que sugiere que la variabilidad intra-grupo es comparable. Aunque se identifican algunos valores atípicos en ciertas variables, estos no se agrupan de manera sistemática en ninguna de las condiciones, lo que sugiere que los outliers son casos aislados y no reflejan una tendencia global.

Figura 10. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba FTP para TasaTrab, PotRel y FC



Tasa de trabajo (TasaTrab), Potencia Relativa (PotRel), Frecuencia Cardiaca (FC), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Figura 11. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba FTP para PotNor, PotMax y FactEf

Potencia Normalizada (PotNor), Potencia Máxima (PotMax), Factor de Eficiencia (FactEf), Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

8.4.2 CMJ

En la prueba CMJ, se tuvieron en cuenta tres variables de análisis:

- Vuelo medido en milisegundos (ms)
- Altura medida en centímetros (cm)
- Velocidad medida en metros sobre segundos (m/s)

Dichas variables se midieron para los 5 saltos previos a las activaciones de calentamiento y prueba FTP, y después de la prueba FTP para los 5 saltos finales durante las tres rondas: sin bebida o basal (B), con bebida de avena (AV) y bebida de almendra (AL). En cada tabla y grafica de resultados están identificadas las variables para cada momento con sus respectivas abreviaciones con la adición final de las letras B, AV o AL, para identificar correctamente cada variable final.

Los valores p de los resultados de los saltos iniciales para vuelo, indican la ausencia de diferencias significativas entre Basal, Almendras y Avena en los saltos iniciales para la variable Vuelo ($p > 0.05$ en todas las comparaciones). En la Tabla 20 ($p = 0.98$), se observa que la variabilidad entre los grupos es mucho menor que la variabilidad residual. La tabla 21 confirma que los intervalos de confianza de la diferencia de que los p-valores ajustados son muy superiores a 0.05, lo cual indica que, al inicio de la prueba, la ingesta de una u otra bebida no genera cambios medibles en el tiempo de Vuelo. Esto sugiere que, de manera basal, los deportistas presentan un rendimiento similar independientemente de la bebida.

Tabla 20. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Vuelo

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosInicio	Bebidas	2	41	20.7	0.016	0.98
	Residuales	117	153475	1311.8		

Tabla 21. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Vuelo

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
SaltosInicio	AL-B	-1.325	-20.5504	17.90039	0.985353
	AV-B	-0.175	-19.4004	19.05039	0.999743
	AV-AL	1.150	-18.0754	20.37539	0.988946

Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Al igual que en los saltos iniciales, las comparaciones entre B, AL y AV en los saltos finales no muestran diferencias estadísticamente significativas. Tanto la tabla 22 como 23, indican nuevamente que las diferencias de medias no alcanzan significancia estadística entre las bebida. Tras completar el protocolo y llegar a los saltos finales, la variable Vuelo no parece verse afectada por el tipo de bebida consumida. Esto sugiere que, en la fase final del esfuerzo, la elección de bebida tampoco impacta significativamente en la capacidad de salto.

Tabla 22. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Vuelo

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosFinal	Bebidas	2	1985	992.5	0.564	0.57
	Residuales	117	205844	1759.3		

Tabla 23. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Vuelo

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
SaltosFinal	AL-B	9.000	-13.2651	31.26513	0.60381
	AV-B	8.200	-14.0651	30.46513	0.65755
	AV-AL	-0.800	-23.0651	21.46513	0.995997

Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

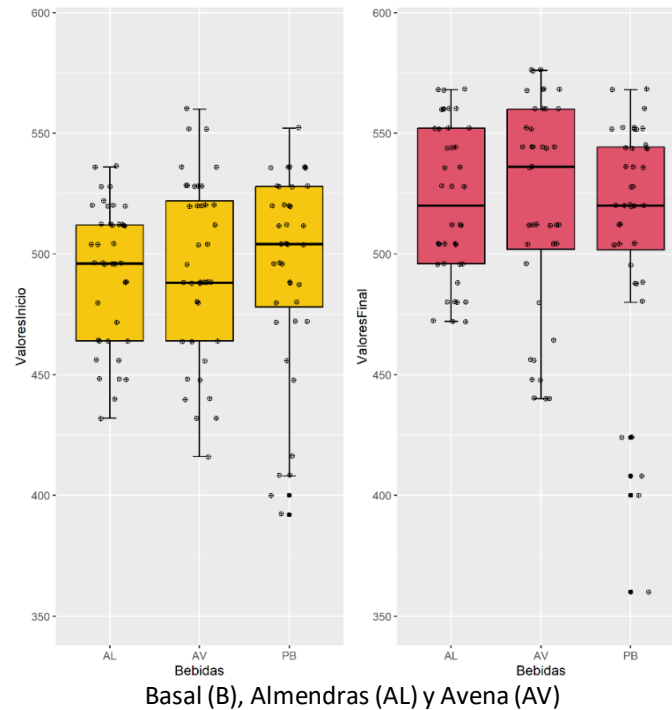
Cuando se comparan los saltos finales contra los iniciales sin considerar la bebida, se observa un resultado muy distinto: $p < 2e-16$, lo que indica una diferencia altamente significativa con una 99% de confianza. Esto implica que, más allá de la intervención nutricional, existe un cambio notable en la variable Vuelo entre el inicio y el final del protocolo de salto.

Tabla 24. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas sin Bebidas en Vuelo

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosFinal	SaltosInicio	1	153186	153186	330.800	<2e-16
	Residuales	118	54643	463		

Se observa en los gráficos de cajas y bigotes AL, AV y B presentan distribuciones similares, con algunas diferencias puntuales que no se reflejan en la significancia estadística. Sin tener en cuenta la bebida Se observan diferencias más marcadas entre saltos iniciales y finales, lo que coincide con el resultado de la ANOVA que señala una variación muy significativa ($p < 0.001$).

Figura 12. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba CMJ saltos iniciales y finales en Vuelo



Aunque el estudio se centró en las variables de Vuelo, Altura y Velocidad, estas mostraron patrones análogos: no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre bebidas, pero sí se evidenció un cambio entre saltos iniciales y finales, por lo anterior los resultados de altura y velocidad son compartidos en el Anexo 9 de este documento.

8.4.3 GLUCOSA

En la prueba de glucosa, se tuvieron en cuenta cinco variables de análisis para cada bebida:

- Medida antes de las pruebas CMJ y FTP (G0), Medida a los 5 minutos dentro de la prueba FTP (G5), Medida a los 10 minutos dentro de la prueba FTP (G10), Medida a los 15 minutos dentro de la prueba FTP (G15), Medida a los 20 minutos dentro de la prueba FTP (G20)

Los valores promedio oscilan, en general, entre 75 y 87 mg/dL, con medianas cercanas que indican una distribución relativamente simétrica en la mayoría de los tiempos (G0, G5, G10, G15, G20). La DE varía según el tiempo y la bebida, reflejando una dispersión moderada en los niveles de glucosa. En algunos casos, se observan DE con valores más altos, lo que sugiere outliers o mayor heterogeneidad en las respuestas individuales.

Tabla 25. Estadísticos Descriptivos de Medición de Glucosa

Variable	Media	DE
AL-GB	75.125	11.06394
AL-G5	84.25	7.778175
AL-G10	85.5	8.315218
AL-G15	87.375	12.46638
AL-G20	86.375	13.46888
AV-GB	77.25	10.6066
AV-G5	79.125	9.295736
AV-G10	84.375	13.95848
AV-G15	86.625	16.7412
AV-G20	84.5	20.81208

Almendra (AL) y Avena (AV), basal (GB), Minuto (G#)

La tabla 26 muestra que los p-valores para la comparación de varianzas (AL vs. AV en cada tiempo) son todos superiores a 0.05. Este resultado indica que no hay diferencias estadísticamente significativas en la dispersión de los datos entre las dos bebidas en los diferentes momentos de medición. La figura 13 proporciona un soporte gráfico de este comportamiento.

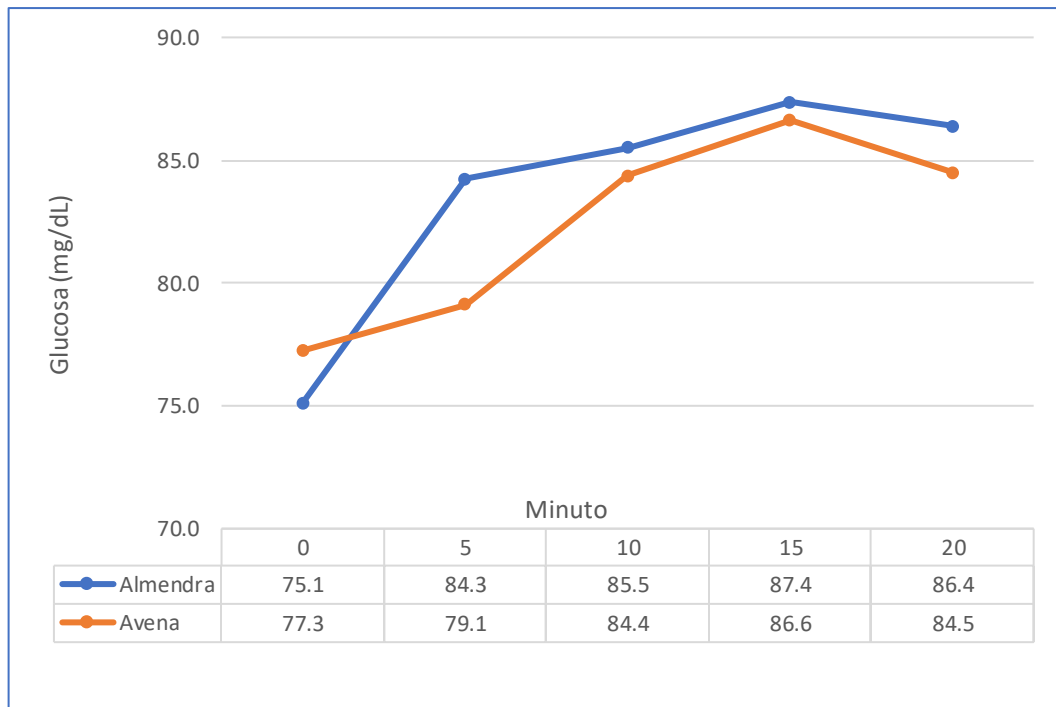
Figura 13. Comportamiento de glucosa según bebida prueba FTP

Tabla 26. Prueba Fisher para Medición de Glucosa

Fisher test (F test). Comparación de varianzas						
Variable	Comparación	Relación de Varianzas	Valor F	Grados libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	p-valor
AL-GB	AV-GB	1.09	1.0881	7	7	0.9142
AL-G5	AV-G5	0.7001447	0.70	7	7	0.6499
AL-G10	AV-G10	0.3548712	0.35487	7	7	0.1951
AL-G15	AV-G15	0.5545078	0.55451	7	7	0.4547
AL-G20	AV-G20	0.4188242	0.41882	7	7	0.2736

Almendra (AL) y Avena (AV), basal (GB), Minuto (G#)

En la tabla 27, se aprecia que los p-valores de la prueba t (comparando AL vs. AV en cada tiempo) siguen el mismo patrón que en la prueba de Fisher. La diferencia de medias entre AL y AV en cada momento de medición (G0, G5, G10, G15, G20) no alcanza significancia estadística, lo que sugiere que no existen diferencias notables en los niveles de glucosa en sangre atribuibles al tipo de bebida consumida.

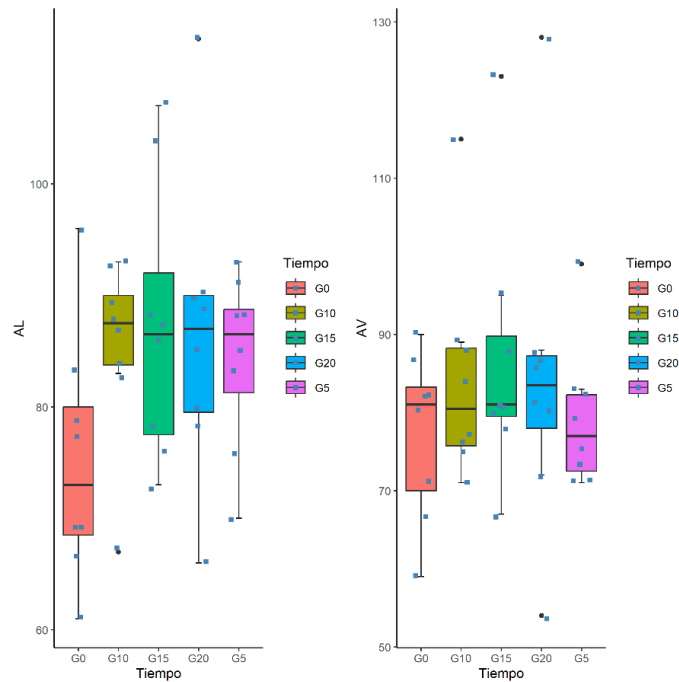
Tabla 27. Prueba T Student para Medición de Glucosa

T student test. Varianzas iguales. Pareado (Dependientes)					
Variable	Comparación	Diferencia de Medias	t	df	p-valor
AL-GB	AV-GB	-2.125	-0.48	7	0.6461
AL-G5	AV-G5	5.125	1.17	7	0.282
AL-G10	AV-G10	1.125	0.21	7	0.8421
AL-G15	AV-G15	0.75	0.12	7	0.9068
AL-G20	AV-G20	1.875	0.35	7	0.7358

Almendra (AL) y Avena (AV), basal (GB), Minuto (G#)

Los gráficos de cajas y bigotes ilustran la variabilidad de los niveles de glucosa a lo largo del tiempo para AL y AV. Se observan algunos valores atípicos en ambas bebidas, particularmente en G15 y G20, lo que explica las DE más elevadas en esos casos. Aun con estos outliers, no se identifica un patrón consistente que indique una ventaja o desventaja clara de una bebida sobre la otra; las medianas y la dispersión general se solapan en la mayoría de los tiempos.

Figura 14. Gráficos de cajas y Bigotes de Medición de Glucosa



Almendra (AL) y Avena (AV), basal (G0), Minuto (G#)

8.4.4 LACTATO

En la prueba de lactato, se mantuvieron los mismos momento de evaluación a los correspondientes al protocolo para la evaluación de los niveles de glucosa.

Los valores medios de lactato aumentaron gradualmente desde L0 (minuto previo o basal) hasta L20, tanto para AL como para AV, lo que concuerda con la intensificación del ejercicio a lo largo del tiempo. Sin embargo, los promedios en cada momento son bastante similares entre bebidas. Respecto a los rangos observados en L0 niveles se mantienen alrededor de 1–1.3 mmol/L, mientras que en L20 alcanzan valores cercanos a 9 mmol/L, evidenciando el incremento esperado por el esfuerzo prolongado. La figura 15 proporciona un soporte grafico del comportamiento del lactado en sangre medido durante la prueba FTP

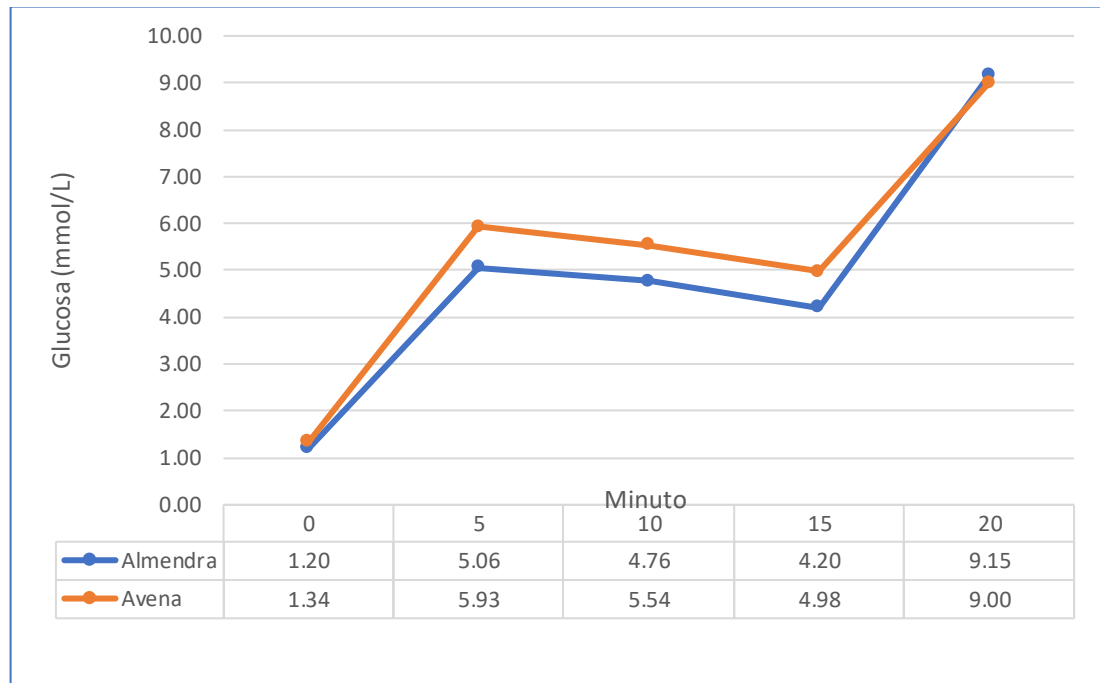
Tabla 28. Estadísticos Descriptivos de Medición de Lactato

Variable	Media	DE
AL-LB	1.2	0.283
AL-L5	5.0625	1.708
AL-L10	4.7625	1.699

AL-L15	4.2	1.723
AL-L20	9.15	2.384
AV-LB	1.3375	0.381
AV-L5	5.925	2.818
AV-L10	5.5375	3.121
AV-L15	4.975	2.822
AV-L20	9	1.746

Almendra (AL) y Avena (AV), basal (LB), Minuto (G#)

Figura 15. Comportamiento de lactato según bebida prueba FTP



De acuerdo con la tabla 29, los p-valores para comparar las varianzas entre AL y AV en cada momento (L0, L5, L10, L15, L20) superan 0.05. Esto indica que la dispersión de los datos es estadísticamente equivalente en ambas bebidas, respaldando la validez de las pruebas paramétricas posteriores.

Tabla 29. Prueba Fisher para Medición de Lactato

Fisher test (F test). Comparación de varianzas						
Variable	Comparación	Relación de Varianzas	Valor F	Grados libertad del numerador	Grados de libertad del denominador	p-valor
AL-LB	AV-LB	0.55	0.54969	7	7	0.4481

AL-L5	AV-L5	0.3674089	0.37	7	7	0.2099
AL-L10	AV-L10	0.2962617	0.29626	7	7	0.1309
AL-L15	AV-L15	0.3728357	0.37284	7	7	0.2164
AL-L20	AV-L20	1.864105	1.8641	7	7	0.4301

Almendra (AL) y Avena (AV), basal (LB), Minuto (G#)

En la Tabla 30, los p-valores para las comparaciones AL vs. AV en cada tiempo (L0, L5, L10, L15, L20) se sitúan por encima de 0.05. La diferencia de medias no resulta significativa en ninguno de los instantes medidos, lo que sugiere que no existe una diferencia estadísticamente demostrable entre el consumo de bebida de almendra o de avena en los niveles de lactato durante la prueba.

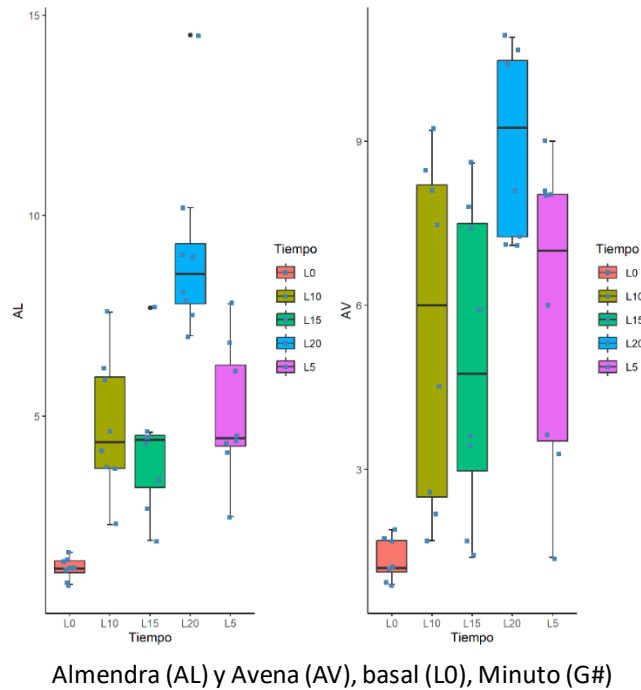
Tabla 30. Prueba T Student para Medición de Lactato

T student test. Varianzas iguales. Pareado (Dependientes)					
Variable	Comparación	Diferencia de Medias	t	df	p-valor
AL-LB	AV-LB	-0.1375	-1.67	7	0.1385
AL-L5	AV-L5	-0.8625	-0.98	7	0.3582
AL-L10	AV-L10	-0.775	-1.06	7	0.3243
AL-L15	AV-L15	-0.775	-0.97	7	0.3623
AL-L20	AV-L20	0.15	0.23	7	0.8278

Almendra (AL) y Avena (AV), basal (LB), Minuto (G#)

Los gráficos de cajas y bigotes muestran la progresión esperada de lactato a medida que avanza el ejercicio de L0 a L20. Aunque aparecen algunos valores atípicos en particular en L15 y L20, no se observa un patrón consistente que distinga de manera clara a AL de AV. El incremento del lactato a lo largo del tiempo es similar en ambas bebidas, reforzando la conclusión de que no se presentan diferencias significativas.

Figura 16. Gráficos de cajas y Bigotes de Medición de Lactato



8.4.5 SINTOMAS GASTROINTESTINALES

Los síntomas gastrointestinales, fueron evaluados al principio de la prueba justo después de consumir la bebida asignada y al finalizar los cinco saltos finales de la prueba CMJ, por medio de una encuesta con la que se preguntaba si se había experimentado algunas de los siguientes síntomas:

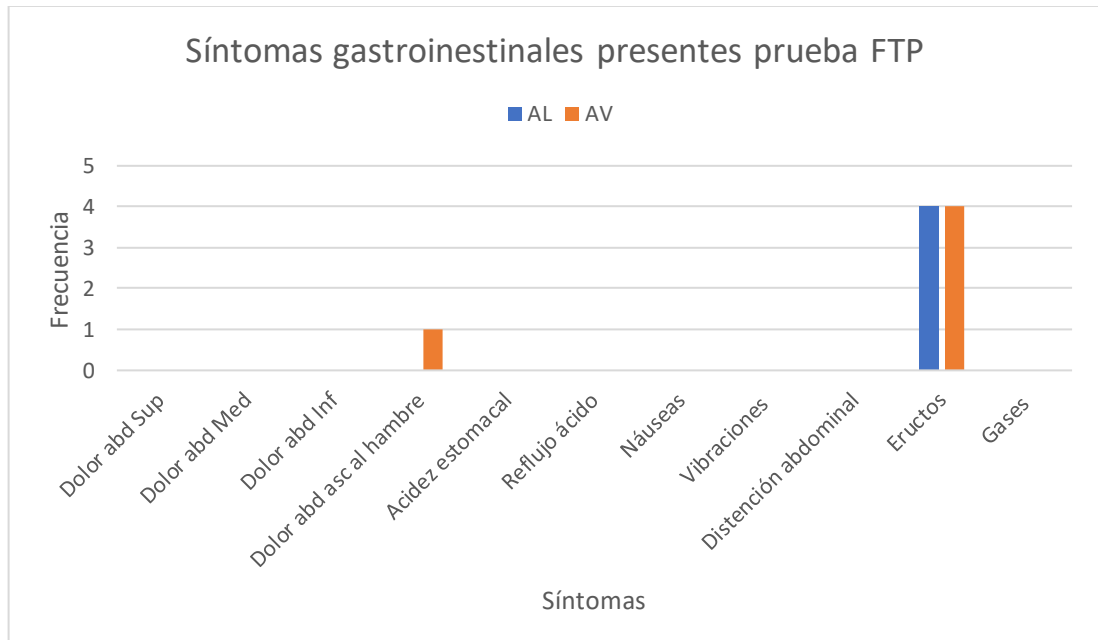
- Dolor abdominal superior, Dolor abdominal inferior, Dolor abdominal medio, Dolor abdominal asociado al hambre, Acidez estomacal, Dolor abdominal superior, Náuseas, Vibraciones o ruido en el estómago, Distención abdominal, Eructos, Gases o flatulencias

En base a la figura 17, se evidencia que la mayoría de los ciclistas no reportó síntomas gastrointestinales tras consumir la bebida de almendra. Entre los pocos casos registrados (4 en total), se presentaron eructos. La baja incidencia de síntomas en AL sugiere que la tolerancia gastrointestinal a esta bebida fue, en general, buena. Al igual que con AL, los reportes de síntomas con avena fueron escasos (5 en total). 4 presentaron eructos, pero fueron atletas distintos a quienes presentaron eructos con AL. Un solo individuo reporto

dolor abdominal asociado al hambre, sin llegar a una frecuencia que indique un problema generalizado. De nuevo, la mayoría de los ciclistas no presentó molestia alguna tras consumir la bebida de avena.

Dado el reducido número de reportes y la dispersión de síntomas en distintos participantes, no se cuenta con la base suficiente para aplicar una prueba estadística robusta, aun así, de forma descriptiva, ambas bebidas muestran una incidencia baja y similar de síntomas gastrointestinales, lo que sugiere que ninguna de ellas ocasiona malestares de forma generalizada. La muestra es pequeña (8 ciclistas), y los síntomas se distribuyen en diferentes individuos, por lo que no se pueden extraer conclusiones definitivas sobre la tolerancia gastrointestinal comparativa de ambas bebidas. Al tratarse de datos categóricos con muy pocos eventos positivos, no es viable realizar un análisis estadístico inferencial concluyente. No obstante, a nivel práctico, estos resultados descriptivos indican que tanto la bebida de almendra como la de avena fueron bien toleradas por la mayoría de los participantes.

Figura 17. Incidencia de Síntomas Gastrointestinales por Bebida



El formato utilizado para la recolección de datos de síntomas GI puede ser consultado en el Anexo 10 de este documento.

9 DISCUSIÓN

9.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES Y FISIOLÓGICAS DE LA POBLACIÓN

El IMC ($19.84 \pm 1.60 \text{ kg/m}^2$) indica que la mayoría de los deportistas se encuentra en rangos saludables para su edad y nivel de entrenamiento, según lo establecido por la Resolución 2465 de 2016. Estas cifras reflejan una población homogénea en cuanto a composición corporal, lo cual es beneficioso para aislar el efecto de la intervención nutricional sin grandes variaciones antropométricas. Asimismo, la muestra presenta una distribución etaria estrecha (15 a 17 años), lo que refuerza su carácter homogéneo y facilita la interpretación de los hallazgos en relación con el estadio de desarrollo propio de la adolescencia.

Según los datos obtenidos de PVC, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

1. **Homogeneidad de la muestra:** Todos los ciclistas se encuentran en etapa post-PVC (0.32 – 1.77 años), lo que refleja un grupo relativamente homogéneo en su estadio de maduración biológica, esto reduce la variabilidad asociada al crecimiento y facilita la atribución de los resultados a la intervención nutricional (Malina et al., 2015; Towlson et al., 2021).
2. **Clasificación de maduración:** Los valores observados corresponden a maduradores promedio, sin presencia de maduradores tardíos (cerca de 0 o negativos) ni tempranos (valores $>2-3$ años). Lo anterior indicaría que el desarrollo biológico está dentro de lo esperado para la edad de la muestra (15 a 17 años) (Malina et al., 2015; Parr et al., 2020).
3. **Validez del método:** El uso de las ecuaciones de Mirwald et al. (2002) ha sido validado en población latinoamericana, mostrando alta correlación con métodos radiográficos (Cossio-Bolaños et al., 2021; Gomez Campos et al., 2012; Hobold et al., 2017; Mirwald et al., 2002), proporcionando al análisis un sustento científico y reconocimiento internacional como un método poco invasivo y confiable.
4. **Relevancia para el rendimiento:** Al contar con una población muestra en etapa post-PVC, sus adaptaciones fisiológicas (fuerza, resistencia, capacidad aeróbica) ya se encuentran consolidadas, por lo cual las diferencias en rendimiento entre grupos (AV vs. AL) no pueden atribuirse a la maduración biológica, sino más

probablemente a factores de entrenamiento o nutricionales (Malina et al., 2015; Myburgh et al., 2019).

5. **Ventaja metodológica:** La homogeneidad en edad (15–17 años) y estadio madurativo fortalece la validez interna del estudio, al minimizar sesgos por diferencias de crecimiento, permitiendo que los resultados cuenten con mayor confiabilidad, aunque su generalización debe limitarse a poblaciones similares (ciclistas adolescentes altamente entrenados post-PVC) (Teunissen et al., 2020; Towlson et al., 2021).
6. **Límite del análisis:** Aunque homogéneos, los valores muestran cierto rango (0.3 a 1.8 años), lo cual sugiere que aún puede haber ligeras diferencias en desarrollo muscular, óseo y hormonal que podrían influir en el rendimiento, lo que amerita ser identificado como una posible fuente de variabilidad residual (Malina et al., 2021; Parr et al., 2020).

En cuanto a las variables fisiológicas medidas en la prueba de ergoespirometría, el VO_2 máx se sitúa en 65 ± 4.15 ml/kg/min, un valor alto que concuerda con lo esperado para ciclistas jóvenes entrenados (Meyer et al., 2015; Richard & Koehle, 2018; van Sluijs et al., 2021). La Tasa de Intercambio Respiratorio (TIR) de 1.05 ± 0.05 indica que, durante la prueba, se alcanzaron intensidades cercanas al umbral anaeróbico, reforzado por un Umbral Anaeróbico (UA) de 2.19 ± 0.45 L/min. La FC máxima de 192 ± 8.10 lpm refleja la exigencia cardiovascular alcanzada. Estos valores confirman que los participantes presentan un buen nivel de condición física, coherente con su edad y disciplina deportiva (Clemente et al., 2020).

9.2 PRUEBA FTP

Comenzando con la tasa de trabajo, se define como la velocidad a la que se realiza el trabajo mecánico durante la prueba FTP. Esta variable se mide en vatios (W) y refleja la capacidad del ciclista para sostener una producción de energía constante. Los estadísticos descriptivos indican que las medias de TasaTrab se mantienen en rangos similares en las condiciones basal, AL y AV con 245, 261 y 265 W promedio respectivamente. La ausencia de diferencias significativas en la TasaTrab sugiere que la intervención nutricional (bajo las condiciones y dosis utilizadas) no alteró de forma drástica la capacidad de los ciclistas para

mantener un ritmo de trabajo constante. Estudios han mostrado que la capacidad para sostener altos niveles de trabajo mecánico está fuertemente asociada con el entrenamiento previo y la eficiencia metabólica (Allen et al., 2019; Hebisz et al., 2021). En este sentido, las intervenciones nutricionales que modulan la disponibilidad de carbohidratos pueden influir más en variables como la PotMax que en la TasaTrab (Bennett et al., 2021; Burke et al., 2018; Thomas et al., 2016).

En cuanto a la potencia relativa, esta variable se expresa en vatios por kilogramo (W/kg) y refleja la potencia generada en relación al peso corporal del ciclista. Es una medida particularmente útil en disciplinas de ciclismo, donde la relación peso-potencia es crucial para el rendimiento en escaladas y sprints. Los datos muestran que las medias de PotRel son ligeramente superiores en la condición con bebida de avena, aunque las diferencias no alcanzan la significancia estadística en B, AL y AV, con 8.95, 9.55 y 9.71 W/kg promedio respectivamente. La evidencia actual sugiere que aun con distintos protocolos de intervención tanto en entrenamiento como nutricional, la PotRel, suele ser baja en el ciclismo (Barranco-Gil et al., 2024).

Analizando la potencia normalizada, esta es una medida que tiene en cuenta las fluctuaciones de la potencia durante el esfuerzo, proporcionando una estimación más representativa de la carga fisiológica real del ejercicio. Los estadísticos descriptivos indican que, al igual que con las otras variables, las medias de PotNor son similares entre las condiciones, basal y bebidas con leves variaciones en favor de las bebidas tanto de avena como de almendra, B, AL y AV con valores de 210, 234 y 236 W respectivamente. Dado que la Potencia Normalizada es sensible a las variaciones de intensidad durante el esfuerzo, una mejora, aunque pequeña, puede indicar una mayor estabilidad en el rendimiento del deportista. Este hallazgo es congruente con la idea de que una mejor gestión del esfuerzo y de la energía, facilitada por una ingesta adecuada de carbohidratos de liberación sostenida, puede optimizar la eficiencia en el rendimiento (Allen et al., 2019; Jeukendrup, 2017a; Podlogar & Wallis, 2022).

Respecto a la Potencia Máxima, esta representa el pico de potencia generado durante la prueba FTP y se mide en vatios (W). Entre todas las variables previas evaluadas, la PotMax, mostró una tendencia de mejora, particularmente con la bebida de avena. En B, AL y AV

valores de 527, 706 y 758 W respectivamente. Los estadísticos descriptivos indican que, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas, el valor medio de PotMax en AV es superior a la condición basal y a la de AL, lo que proporciona una significancia clínica y práctica de manera preliminar para AV en esta variable. En el contexto del rendimiento deportivo, especialmente en competencias de resistencia, incluso incrementos modestos en la PotMax pueden ser cruciales, ya que permiten a los ciclistas responder de manera más efectiva a situaciones de sprint o esfuerzos cortos pero intensos (Allen et al., 2019; Bennett et al., 2021; Pereira Costa et al., 2017).

Existen tendencias descriptivas especialmente en PotMax y en el Factor de Eficiencia, que requieren interpretación fisiológica prudente. Inicialmente podría pensarse que la bebida de avena (con mayor carga total de carbohidratos y un perfil glucídico más "sostenido") podría proporcionar más sustrato disponible para producir picos de potencia, y por tanto favorecer PotMax y, en consecuencia, mejorar la relación potencia/FC (FactEf). Sin embargo, la constatación de curvas de glucosa de 2 horas (2h) con 4 tomas después de una carga estandarizada de carbohidratos (50 g) (Anexo 11) y, simultáneamente, respuestas glucémicas relativamente parecidas entre AV y AL durante la prueba FTP, obliga a matizar esa explicación (Burke et al., 2018; Burke & Hawley, 2018; Gonzalez et al., 2022; Kerksick et al., 2017).

Desde el punto de vista metabólico, la disponibilidad de glucosa en sangre es solo uno de varios determinantes inmediatos de PotMax. La capacidad de generar un pico de potencia depende de reservas intramusculares (ATP/PCr), glucógeno intramuscular y de la rapidez de aporte de glucosa desde el plasma y de la eficiencia de transporte y uso por fibras de contracción rápida. En ejercicios de corta duración e intensidad elevada (picos dentro de una prueba <30 min), tanto la cantidad total de CHO disponible como la velocidad de entrega pueden influir; sin embargo, el ejercicio en sí acelera la captación de glucosa independiente de la insulina por translocación de GLUT4, y la respuesta hormonal (adrenalina, glucagón) modifica la liberación hepática de glucosa, lo que tiende a reducir las diferencias plasmáticas que se observan en reposo entre distintos tipos de carbohidratos (Impey et al., 2018; Podlogar & Wallis, 2022). Por tanto, una bebida con mayor carga de CHO (AV) puede ofrecer una "reserva" mayor en términos absolutos, pero, durante el esfuerzo, buena parte de esa ventaja se moduló por la rápida captación muscular y las

respuestas hormonales, disminuyendo la diferencia observable en glucemia capilar y atenuando su traducción directa en PotMax en todos los sujetos (Leyva et al., 2020; Pomportes et al., 2016; van Gerwen et al., 2023).

Cabe subrayar que la evidencia sobre CHO en esfuerzos cortos-intensos indica que la cantidad absoluta de carbohidrato ingerida y la disponibilidad total inmediata pueden influir en picos de potencia, la forma en que esos carbohidratos están formulados (matriz líquida, presencia de fibra soluble o componentes que ralenticen el vaciado) y la interacción con proteína también modulan la respuesta (Achten & Jeukendrup, 2004; Jeukendrup, 2017). En consecuencia, la interpretación conservadora es que la bebida de avena mostró un perfil favorable descriptivo para PotMax y FactEf en este estudio, pero se requiere confirmación con mayor tamaño muestral, mediciones de insulina y series temporales de potencia/FC para afirmar causalidad (Aandahl et al., 2021; Jeukendrup, 2011; Tiller et al., 2019; Zeng et al., 2020).

Finalmente, es necesario mencionar que parte de la variabilidad y la tendencia observada puede relacionarse con diferencias de maduración entre ciclistas. Si bien todos los sujetos participantes del estudio eran maduradores promedio post-PVC, no todos tenían la misma edad cronológica, sumado a que algunos sujetos contaban con valores post-PVC mayores que otros, por lo que estas pequeñas pero presentes diferencias podrían generar PotMax más altos por los cambios mencionados (plasmados con más detalle en el apartado de características generales de la población) por tanto la tendencia de AV sobre PotMax podría estar parcialmente mediada por la maduración específica de cada sujeto y su edad cronológica (Retzepis et al., 2025).

Enfocando la discusión hacia el IG. Según la literatura consultada la bebida de avena generalmente exhibe un moderado IG (60–70). Por el contrario, la bebida de almendra presenta un IG bajo (<30) dado su escaso aporte de carbohidratos, aunque se podría hipotetizar que la bebida de almendra utilizada, al contar con una adición de 3 g de azúcares (es altamente probable que se trate de sacarosa por su amplio uso en bebida vegetales en el mercado colombiano) podría contar con un IG >30, llegando a ser moderado o incluso alto. Preliminarmente esto indicaría que la respuesta glucémica de AL sería mayor que la de AV, incluso llegando a mostrar picos, sin embargo, esto no es lo que se evidencia con

las mediciones de glucometría tomadas durante la prueba FTP, tampoco con el comportamiento de las curvas de glucosa 2h del Anexo 11 (Flockhart & Larsen, 2024; Gu et al., 2022; Skroce et al., 2024).

Lo anterior lleva a tener en cuenta los múltiples argumentos y soportes científicos que cuestionan la fiabilidad del IG y la CG como métodos adecuados de manejo e indicación nutricional y dietética. Hace más de 40 años, comenzaron los estudios sobre el índice IG y la CG. Sin embargo, actualmente no existe consenso sobre la prescripción dietética basada en estos índices en las principales guías nacionales e internacionales. Paradójicamente, cada vez hay más estudios que señalan los beneficios de las dietas con IG y CG bajos (Passos et al., 2024). La considerable variabilidad en las respuestas individuales a las determinaciones del valor del IG demuestra que es improbable que sea un buen enfoque para orientar la elección de alimentos. Además, incluso en personas sanas, el estado glucémico contribuye significativamente a la variabilidad en las estimaciones del valor del IG (Matthan et al., 2016). Debido a su amplio uso en el ámbito de la salud, sobre todo por médicos y nutricionistas, el IG y la CG fueron incluidos en la discusión del presente estudio, pero su empleo como soporte de causalidad debe ser matizando y manejado con cuidado (Aziz et al., 2013; Bellissimo et al., 2022; Karl et al., 2015; Sacks et al., 2014).

La cantidad y calidad de proteína en la bebida puede modular la respuesta insulínica, afectando la disponibilidad de glucosa y, por ende, el rendimiento. La bebida de avena aportó casi 12 g de proteína (1,9 g/100 ml), mientras que la de almendra solo 3 g (0,5 g/100 ml).

Ciertos aminoácidos, especialmente la leucina (además de la isoleucina y valina, claves en la síntesis proteica y la modulación metabólica), estimulan directamente la secreción de insulina, independientemente de la glucosa plasmática, al activar la vía mTOR y potenciar la señalización en las células β pancreáticas (Asahara et al., 2022; Jäger et al., 2017; Leyva et al., 2020). La mezcla de carbohidratos complejos (CHO) y proteína (PRO) en AV (41 g CHO:12 g PRO, ratio 3.4:1) contrasta con la de AL (24 g CHO:3 g PRO, ratio 7.8:1). Un ratio CHO:PRO más moderado podría atenuar los picos glucémicos y prolongar la liberación de glucosa, al tiempo que optimiza la respuesta insulínica, lo que favorecería la resíntesis

de glucógeno y la producción de ATP en fibras rápidas durante sprints (Stecker et al., 2019; Thomas et al., 2016).

La posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN) sobre el momento oportuno de la ingesta de nutrientes de 2017, planteó que el consumo de carbohidratos solos o en combinación con proteínas durante el ejercicio de resistencia aumenta las reservas de glucógeno muscular, mejora la recuperación al daño muscular y facilita mayores adaptaciones agudas y crónicas al entrenamiento (Kerksick et al., 2017). La ISSN en su posición sobre la proteína y el ejercicio, plantea que los atletas de resistencia deben centrarse en lograr una ingesta adecuada de carbohidratos para promover un rendimiento óptimo y que la adición de proteínas puede ayudar a compensar el daño muscular y promover la recuperación (Kerksick et al., 2017). Nielsen et al, realizaron una revisión sistemática y metaanálisis. El metaanálisis mostró un efecto significativo general en el rendimiento en el tiempo hasta el agotamiento (TTE) y la prueba contrarreloj (TT) al ingerir carbohidratos y proteínas (CHO-PRO) en comparación con solo CHO (Nielsen et al., 2020). Sin embargo, existen posiciones encontradas respecto a las mejoras en rendimiento que la combinación de CHO-PRO puede generar.

Una revisión sistemática y metaanálisis de 2021, sugirió que los atletas deben priorizar la ingesta regular de CHO, ya que la ingesta concomitante de CHO-PRO parece poco probable que mejore (o impida) la tasa de resíntesis de glucógeno muscular (Craven et al., 2021). En el mismo año Rothschild et al, encontraron que la ingesta previa al ejercicio de CHO-PRO, no generó diferencias observables en la percepción del esfuerzo, el hambre ni el rendimiento (Rothschild et al., 2021). Un ensayo doble ciego cruzado y controlado de 2022, mencionó que las estrategias de suplementación de CHO y PRO pueden reducir el daño muscular causado por el ejercicio de resistencia, pero no mejoran la capacidad para realizarlo (Liang et al., 2022).

Otra literatura actual, menciona que no existe evidencia convincente de que la ingesta concomitante de CHO-PRO antes o durante el ejercicio de resistencia confiera alguna ventaja en el rendimiento ni facilite la resíntesis de las reservas de glucógeno muscular o hepático durante la recuperación, al menos cuando se cumplen las recomendaciones de carbohidratos (Kerksick et al., 2017; König et al., 2020; Witard et al., 2025).

La evidencia anterior propone preliminarmente la cantidad y tipo de carbohidratos, como principales mecanismos dentro de las posibles razones que explicarían la mejora en PotMax, sin una clara posición respecto a si el contenido de PRO genera o no mejoras en el rendimiento al ser consumidos junto a CHO. Es importante mencionar el hecho que los estudios mencionados han evaluado el uso de PRO agregada, es decir añadida a las matrices alimentarias líquidas o sólidas, pero no aquella que ya hace parte de la matriz original, por lo que descartar el posible beneficio de la relación entre CHO y PRO presente en AV, podría ser prematuro, sin una clara postura académica al respecto. Adicionalmente tanto la prueba ANOVA como TUKEY proporcionaron un valor p de 0.12 a PotMax, que, aunque fuera de los dos estándares de 95 y 90 % de confianza, permanece bastante cerca de los mismos, por lo que se considera que con una muestra de mayor tamaño este valor podría acercarse aún más a la significancia estadística.

Analizando la frecuencia cardíaca, esta es una medida directa de la respuesta cardiovascular al ejercicio. Se expresa en latidos por minuto (lpm) y es un indicador del esfuerzo fisiológico y la carga cardiovascular. Los valores de FC en las condiciones basal, AL y AV se mantuvieron en rangos similares, sin diferencias estadísticamente significativas con un promedio general de 180 lpm y un máximo general de 190 lpm, lo cual refuerza las características de homogeneidad de la muestra a nivel fisiológico. La estabilidad en la FC sugiere que, a pesar de las posibles mejoras en las variables de potencia, el sistema cardiovascular de los ciclistas no mostró una respuesta diferenciada según la bebida consumida. La literatura indica que la FC es una medida menos sensible a intervenciones nutricionales agudas, especialmente en deportistas bien entrenados. Las respuestas en FC pueden estar más relacionadas con el estado de entrenamiento y la adaptación cardiovascular que con variaciones en la ingesta de sustratos energéticos en el corto plazo. La intervención nutricional pudo haber influido principalmente en las capacidades musculares y metabólicas sin afectar significativamente el control cardíaco durante el esfuerzo (Canário-Lemos et al., 2020; Charvátová et al., 2020; Meyer et al., 2015).

El factor de eficiencia se emplea para evaluar qué tan eficazmente un deportista convierte su capacidad metabólica en trabajo mecánico durante una prueba de esfuerzo. En el contexto del FTP, la relación entre la potencia normalizada y la frecuencia cardíaca refleja la eficiencia cardiovascular y neuromuscular: un mayor FactEf indica que el deportista

puede mantener una potencia sostenida con una FC relativamente baja, lo que evidencia un uso más eficiente de los recursos energéticos.

Esta variable se ha propuesto como un indicador sensible del estado de entrenamiento y la adaptación fisiológica ante esfuerzos prolongados (Allen et al., 2019). Además, la eficiencia en la conversión de energía puede verse influenciada por factores nutricionales, ya que la ingesta de carbohidratos y otros nutrientes afecta la disponibilidad de sustratos y la respuesta hormonal durante el ejercicio (Burke et al., 2018).

El Factor de Eficiencia (PotNor/FC) integra respuesta neuromuscular y cardiovascular; una mejora en FactEf puede originarse tanto por un aumento de potencia normalizada como por una FC relativamente menor para la misma potencia. Si bien la curva de glucosa de 2h muestra que la bebida de avena provoca una respuesta más sostenida (menor pico temprano, mantenimiento posterior), durante la prueba FTP la demanda muscular intensa y la baja insulina circulante limitan que aquellas diferencias se traduzcan en marcadores plasmáticos grandes pero sí podrían favorecer una mayor estabilidad metabólica intramuscular (mejor soporte de ATP por oxidación de CHO prolongada), permitiendo mantener PotNor sin que la FC aumente de igual manera —esto explicaría la tendencia a un FactEf mayor con AV. Teniendo en cuenta esto, la bebida de avena pudo aportar un perfil de sustrato más adecuado para sostener picos de potencia sin elevar proporcionalmente la carga cardiovascular, aunque la cuantía del efecto fue pequeña y la prueba careció de significancia estadística para confirmarlo claramente (Li et al., 2020; Pfeiffer et al., 2010; Spriet, 2014).

Al igual que con PotMax, es necesario mencionar que parte de la variabilidad y la tendencia observada puede relacionarse con diferencias de maduración entre ciclistas, no solo en la PotNor, sino en FC que cada ciclista puede presentar debido a que tan cerca o alejado se encuentre de PVC (Retzepis et al., 2025). Lo cual también podría contemplar a futuro el evaluar por medio de agrupar a los atletas en función de atributos asociados con el crecimiento y la maduración en lugar de la edad cronológica, o lo que la literatura reporta como Bio-banding (Arroyo-Moya, 2023; Cuming et al., 2017; Stănilă et al., 2020; Towlson & Cumming, 2022).

Hay, además, factores metodológicos y biológicos que atenúan la relación “composición ↔ glucemia ↔ rendimiento”: 1) diferencia de CHO entre bebidas (≈ 41 g AV vs ≈ 24 g AL en 625 ml) es relevante en cantidad, pero la sincronización (hora de ingesta, vaciamiento gástrico individual, velocidad de consumo) y la adaptación gastrointestinal previa de los ciclistas pueden modular la absorción; 2) la capacidad de los músculos entrenados para extraer glucosa durante el ejercicio disminuye las diferencias plasmáticas; 3) la muestra pequeña ($n=8$) reduce la sensibilidad estadística; y 4) las mediciones de potencia máxima dependen de factores neuromusculares no exclusivamente glucémicos (estado de activación, motivación, entrenamiento y adaptación previa, entre otros). Por todo ello, aunque existe coherencia fisiológica para pensar que AV facilite PotMax y FactEf en algunos sujetos, el efecto observado debe considerarse tentativo y dependiente del contexto (R. Costa et al., 2017; Martínez et al., 2023; Miall et al., 2018).

Para el FactEf se observó un p-valor marginal (alrededor de 0.08), lo que sugiere una diferencia a un nivel de confianza del 90% tanto para la prueba ANOVA como TUKEY. Adicionalmente en los valores de estadísticos descriptivos se evidencia una marcada diferencia entre B, AL y AV, con 1.24, 1.40 y 1.61 de FactEf respectivamente.

Respecto a los valores entre AL y AV, se evidencia una diferencia del 0.21 a favor de AV. Para valorar si la mejora en FactEf es realmente relevante, es posible recurrir al concepto de cambio mínimamente relevante o smallest worthwhile change (SWC), planteado por Hopkins et al (2009). Como consenso en el contexto de la fisiología del ejercicio y rendimiento deportivo, se utiliza una d de Cohen de 0.2 para definir el mínimo tamaño de efecto para ser considerado relevante (Caycho et al., 2016; Dominguez-Lara, 2018). El SWC es igual a el valor d definido por la DE entre dos medidas. Para poder comparar si el efecto del estudio supera al mínimo del SWC se multiplica el valor d mencionado de 0.2 por una DE, de 0.15, valor tomado de reportes con poblaciones similares a la del presente estudio. El anterior cálculo proporciona un SWC de 0.03, que se traduce en un 3%. Usualmente el margen de cambio “worthwhile” se sitúa entre 3-5% (Hunter et al., 2025).

La diferencia de 0.21 entre las medidas de FactEf de AL y AV equivalente a un 15%, indica que el incremento de FactEf con la bebida de avena es claramente mayor que el mínimo

cambio SWC y por lo tanto práctica y fisiológicamente significativo, aun cuando la significancia estadística haya sido marginal (p de 0,08).

Estos hallazgos sugieren que, si bien esta intervención nutricional no genera diferencias robustas en la mayoría de las variables de rendimiento de FTP, el FactEf parece mostrar una tendencia a mejorar en la bebida de avena, lo que podría indicar una ligera mejora en la eficiencia cardiovascular y neuromuscular (Allen et al., 2019).

Allen et al (2019) destaca que las estrategias nutricionales orientadas a mejorar la disponibilidad de carbohidratos y a optimizar la respuesta metabólica pueden influir en la eficiencia del trabajo realizado durante pruebas de potencia. De igual forma, Furrer et al (2023) argumenta que la ingesta de carbohidratos específicos antes del ejercicio puede mejorar la eficiencia de la conversión energética, lo que se traduce en una mejor economía cardiovascular (Allen et al., 2019; Furrer et al., 2023).

Por otro lado, estudios como el de Impellizzeri et al (2019) han resaltado la importancia de evaluar no solo la potencia bruta, sino también la eficiencia con la que se utiliza dicha potencia, ya que esto puede ser un mejor predictor del rendimiento en deportes de resistencia. En este sentido, el FactEf se erige como una variable clave que integra aspectos de la respuesta neuromuscular y cardiovascular, y que puede ser modulada de forma sutil por intervenciones nutricionales (Impellizzeri et al., 2019).

Aunque el FactEf presentó diferencias marginales a un nivel de confianza del 90%, esta diferencia puede ser clínicamente relevante, especialmente en el contexto del alto rendimiento, donde pequeñas mejoras en la eficiencia pueden traducirse en ventajas competitivas significativas (Martínez-Ezquerro et al., 2017; Yohannessen et al., 2024).

9.3 CMJ

Los resultados de los estadísticos descriptivos muestran que, en ambas condiciones con bebida (AL y AV) y en la condición basal, los valores de estas variables presentan medias similares y desviaciones estándar moderadas. No obstante, se evidenció que, al comparar

los saltos iniciales con los finales (sin considerar la ingesta de bebida), se produjeron diferencias estadísticamente significativas al 99%.

El análisis de los datos de CMJ reveló diferencias significativas entre los saltos iniciales y finales, lo que sugiere la presencia de efectos del protocolo de ejercicio. El rendimiento en la prueba CMJ en términos globales, varía de manera marcada cuando se contrasta el salto inicial con el salto final, probablemente debido a factores como la activación neuromuscular o la adaptación al esfuerzo a lo largo del protocolo, la concentración en la prueba y estabilización de los distintos sistemas convergentes en el ciclista (Delvecchio et al., 2016; McMahon et al., 2018; Peyper et al., 2022). La respuesta neuromuscular y la fuerza máxima se modulan por maduración; por lo que dependiendo del PVC individual de cada sujeto, aun con las pequeñas diferencias mencionadas sobre el estado de maduración de los sujetos y edad cronológica, su ganancia de fuerza y por ende mejor desempeño en la prueba CMJ puede diferir debido a estas aun siendo sutiles entre sí (Retzepis et al., 2025; Turner et al., 2024).

Sin embargo, la influencia directa de las bebidas sobre las variables de CMJ (Vuelo, Altura y Velocidad) no se manifestó en diferencias estadísticamente significativas. Es decir, la ingesta de bebida de avena o de almendra no alteró de forma apreciable estos parámetros medidos, lo que sugiere que la intervención nutricional, en el contexto y con el protocolo aplicado, no impactó la capacidad explosiva o la respuesta neuromuscular de manera diferenciada.

El equipo y programa de medición de salto disponible para la investigación (plataforma Axon Jump T, y aplicación Axon Jump 4.0) proporcionan las variables mencionadas anteriormente, variables fundamentales para evaluar el rendimiento en saltos. Sin embargo, otros sistemas y plataformas más avanzados podrían ofrecer datos adicionales, como la fuerza máxima, la potencia generada durante el salto o incluso la curva de fuerza a lo largo del movimiento. La limitación en la cantidad de variables medidas puede influir en la capacidad de detectar sutiles efectos de la intervención nutricional sobre el rendimiento explosivo. Estudios han mostrado que, cuando se dispone de una mayor cantidad de datos (por ejemplo, mediante plataformas de fuerza o sistemas de análisis cinemático), es posible identificar cambios más finos en la función neuromuscular (McMaster et al., 2014; Petrigna

et al., 2019). En este sentido, la ausencia de diferencias significativas entre AL y AV en CMJ podría deberse, en parte, a la limitación del equipo para captar variaciones más sutiles en el rendimiento.

Es posible que, en un contexto de intervención nutricional, los beneficios de la ingesta de bebida se manifiesten en condiciones de esfuerzo prolongado o en pruebas que involucren la recuperación, más que en cambios inmediatos en la ejecución del salto. El hallazgo en esta investigación es consistente con algunos estudios que han comparado diferentes fuentes de nutrientes y han encontrado que los efectos sobre la función neuromuscular pueden ser modestos o dependientes de otros factores como el estado de entrenamiento o la duración del esfuerzo (Kerksick et al., 2017; Thomas et al., 2016; Tiller et al., 2019).

En este estudio, los resultados de CMJ indican que la intervención nutricional evaluada no alteró de forma significativa la función explosiva de los ciclistas. Esto podría interpretarse de forma positiva, ya que sugiere que el consumo de estas bebidas es seguro y no induce efectos adversos en el rendimiento neuromuscular. Mantener la estabilidad en el rendimiento neuromuscular es fundamental para evitar caídas en la capacidad explosiva durante situaciones de alta exigencia, lo cual es esencial para la planificación de estrategias nutricionales en deportes de resistencia.

9.4 GLUCOSA

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ni entre los momentos de la prueba según lo indicado por los valores de $p > 0.05$ en el análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas. Esto podría llevar a pensar, en primera instancia, que ni la bebida de avena ni de almendra tuvieron un impacto relevante sobre los niveles de glucemia durante el ejercicio en los sujetos estudiados (Hopkins et al., 2009; Lakens, 2013).

Al revisar los estadísticos descriptivos de los diferentes momentos de medición, se observa que los niveles de glucosa tienden a mantenerse relativamente estables o a incrementarse ligeramente posterior al ejercicio en todas las condiciones de suplementación, con un rango promedio entre 75 y 87 mg/dL, sin mostrar una diferencia estadísticamente significativa o práctica. Sin embargo, estos resultados deben ser analizados con más detalle.

En primer lugar, la prueba evidencia el perfil glucémico intrínseco de cada solución en condiciones de reposo: una solución de dextrosa tiende a mostrar un pico a los 30 minutos seguido de una caída sostenida, mientras que matrices como la de AV muestran respuestas más amortiguadas y sostenidas. En el Anexo 11, se observa claramente que la curva de dextrosa exhibe un pico temprano pronunciado y una caída posterior; AV se aproxima a una respuesta más sostenida, mientras AL tiene un patrón intermedio/moderado

No obstante, durante el ejercicio la fisiología cambia: 1) la captación muscular de glucosa se incrementa a través de vías independientes de insulina (respuesta contráctil mediada por translocación de GLUT4), 2) las hormonas contrarreguladoras aumentan la liberación hepática de glucosa. Durante el ejercicio físico, especialmente de intensidad moderada a alta, se activa una compleja respuesta hormonal que busca mantener la homeostasis glucémica. Hormonas como el glucagón, la adrenalina y el cortisol estimulan la gluconeogénesis y la liberación de glucosa hepática, mientras que la insulina tiende a disminuir, lo que reduce la captación de glucosa por tejidos no activos (Asahara et al., 2022; Leyva et al., 2020). 3) La insulina plasmática tiende a caer con la actividad intensa. Estos mecanismos hacen que la glucemia en ejercicio sea el resultado de un equilibrio dinámico entre entrega hepática, absorción intestinal, y extracción muscular. En consecuencia, diferencias que se aprecian en reposo entre dos bebidas con distintos tipos de CHO suelen atenuarse durante el ejercicio, especialmente si la ingestión fue 60 min antes de la prueba y la demanda muscular es alta (Alvim et al., 2015; Lotosky et al., 2025; Maciel et al., 2018; van Gerwen et al., 2023). Esto podría explicar por qué las mediciones capilares durante la prueba FTP no evidencian divergencias grandes entre AV y AL, aunque sus contenidos de CHO difieran.

Un segundo factor es la dosificación y sincronía: la prueba de curva 2h obliga a 50 g exactos; aquí las bebidas comerciales no fueron igualadas en CHO (por razón metodológica), con lo cual la dinámica real de absorción depende del volumen ingerido, la concentración de CHO y la matriz. Es plausible que la mayor parte del aporte extra absoluto de AV (≈ 18 g adicionales en los 625 ml) no se reflejase inmediatamente en mayor glucemia capilar a la hora de inicio del ejercicio, porque parte quedó aún en proceso de absorción o fue rápidamente captada por el músculo activo al iniciarse la prueba. Además, la adaptación GI previa (entrenamiento para tolerar 700 ml) puede haber acelerado el vaciamiento

gástrico y la absorción, homogeneizando la respuesta entre sujetos (Alvim et al., 2015; R. Costa et al., 2017; Jeukendrup, 2017a; Martinez et al., 2023; Miall et al., 2018; van Gerwen et al., 2023).

En tercer lugar, la variabilidad individual en respuestas glucémicas puede estar parcialmente explicada por diferencias en sensibilidad insulínica asociada al estadio puberal de los sujetos. Aunque según los resultados obtenidos en la prueba, no hay una marcada variabilidad entre las bebidas, sin diferencias estadísticas o prácticas notables en los sujetos de prueba, es importante resaltar las posibles diferencias que podrán presentarse en otros estudios replicados, aun en sujetos con características tan similares. Como se ha mencionado anteriormente, a pesar de ser un grupo muy homogéneo en edad, con una maduración promedio post-PVC generalizada, no todos los sujetos cuentan con la misma edad cronológica. A su vez el valor individual post-PVC es distinto entre todos los sujetos. Dichas diferencias podrán influir en otros grupos de estudio similares en como la respuesta individual de cada sujeto evoluciona de acuerdo a la carga de entrenamiento, genética propia de cada sujeto y adaptaciones fisiológicas con las que cuenta cada uno, entre otras variables, que influyen en el ritmo de almacenamiento y flujo de absorción de carbohidratos presentes y como se manifestara dicha respuesta. (Hobold et al., 2017; Kozielec et al., 2024; Leyva et al., 2020).

Como cuarto factor, la composición proteica añade otra capa: AV aportó cerca de 12 g de PRO frente a ~3 g en la de AL. Aminoácidos como la leucina y la arginina son insulínicos en reposo: se unen a receptores (CaSR, GPRC6A, GPR142) en las células β del páncreas y activan mTORC1, aumentando la síntesis y liberación de insulina incluso en ausencia de carbohidratos (Asahara et al., 2022; Nie et al., 2013; Yuan et al., 2017). A su vez la presencia de aminoácidos en el intestino estimula células enteroendocrinas a secretar incretinas (GLP-1 y GIP), que a su vez potencian la secreción de insulina dependiente de glucosa tras la ingestión, lo que normalmente reduce la glucemia postprandial (Steinert et al., 2017). Sin embargo, durante ejercicio de intensidad moderada-alta el estímulo contráctil domina y la insulina circulante suele estar suprimida, con lo que la potencial diferencia insulínica inducida por la proteína se atenúa en la práctica del esfuerzo. Es decir, la secreción de insulina inducida por proteínas pudo haber contribuido a un “suavizado” temprano de la curva postprandial, pero la dinámica del ejercicio limitó su

impacto en las mediciones durante la prueba FTP. Sin más estudios de referencias que soporten esta hipótesis, es importante dar manejo a la misma con cuidado (Alghannam et al., 2018; Liang et al., 2022; Lotosky et al., 2025; Maciel et al., 2018).

Asimismo, la proteína puede favorecer la captación muscular de glucosa (vía efectos combinados), lo que compensa diferencias en la disponibilidad plasmática, favoreciendo tanto la reposición de reservas como el soporte oxidativo - fosfogénico en picos de intensidad (PotMax) y en la eficiencia cardiovascular (FactEf). Esta regulación hace que, incluso ante la ingesta previa de carbohidratos, los niveles de glucosa puedan mantenerse relativamente constantes, lo que preliminarmente coincide con lo observado en este estudio (Leyva et al., 2020; Steinert et al., 2017; Yuan et al., 2017).

Adicionalmente, hay cuestiones técnicas y de poder estadístico que conviene mencionar: las mediciones capilares tienen variabilidad inherente y, con n reducido ($n=8$), la habilidad para detectar diferencias pequeñas en glucemia es limitada. Un área bajo la curva (AUC) por condición o el uso de CGM proporcionarían mayor resolución que mediciones puntuales (aun con sus limitaciones de medición intersticial). Además, para relacionar diferencias de composición con efectos fisiológicos reales sería ideal disponer de mediciones de insulina, AUC glucémico, y datos de extracción muscular; la ausencia de estas variables sugiere cautela en las conclusiones (Kesavadev et al., 2023; Leyva et al., 2020; Litwak et al., 2020; Redondo, 2024; Skroce et al., 2024).

En síntesis: la similitud observada en las glucometrías durante la prueba FTP puede explicarse por (a) la homeostasis glucémica durante el ejercicio que atenúa diferencias entre las bebidas, (b) la rápida captación muscular y sincronía de ingestión, (c) efectos insulínotropicos de proteína condicionados por el ejercicio, y (d) limitaciones metodológicas y de tamaño muestral para detectar diferencias pequeñas.

La estabilidad glucémica durante el ejercicio es un objetivo deseado en muchos contextos deportivos, particularmente en ejercicios de resistencia o de mediana duración, donde la disponibilidad continua de glucosa puede ayudar a preservar la intensidad del esfuerzo (Cermak & Van Loon, 2013; Jeukendrup, 2017a). Evitar caídas bruscas de glucemia es esencial para mantener la percepción del esfuerzo, la toma de decisiones y la continuidad

del rendimiento (Behrens et al., 2023; Burnley & Jones, 2018; Waldron & Highton, 2014). Por lo tanto, el hecho de que ninguna de las bebidas haya inducido hipoglucemia también puede interpretarse positivamente.

9.5 LACTATO

Los estadísticos descriptivos muestran que los niveles de lactato aumentan de forma progresiva conforme avanza la prueba, lo que es coherente con la respuesta fisiológica esperada ante un esfuerzo prolongado e intenso. Por ejemplo, en la medición basal (L0) los valores se encuentran en rangos bajos (1–1.3 mmol/L), mientras que al final de la prueba (L20) se alcanzan niveles cercanos a 9 mmol/L (Brooks, 2018). La prueba ANOVA no reveló diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los momentos evaluados y la prueba TUKEY confirmó la ausencia de diferencias significativas. Desde el punto de vista estadístico, la falta de significancia podría interpretarse como que, en el contexto de este estudio y con el tamaño muestral utilizado, la ingesta de bebida de almendra o de avena no influye de manera considerable en la acumulación de lactato durante la prueba FTP.

Desde el punto de vista de la regulación metabólica y hormonal, durante el ejercicio, la respuesta hormonal juega un papel fundamental en la regulación de la concentración de lactato. La liberación de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina) estimula la movilización de sustratos energéticos, lo que puede llevar a un aumento en la producción de lactato (Mogollón & Petro, 2012; Scott, 2007). Simultáneamente, mecanismos como la oxidación del lactato en tejidos activos y la gluconeogénesis hepática contribuyen a mantener la homeostasis glucémica y reducir la acumulación excesiva de lactato (Brooks, 2018; Faude et al., 2009). En este sentido, la ausencia de diferencias significativas entre las condiciones de bebida podría sugerir que la intervención nutricional aplicada (ya sea con bebida de almendra o avena) no altera de manera sustancial estos mecanismos reguladores en las condiciones empleadas (Brown et al., 2021; Jeske et al., 2017; Thomas et al., 2016).

La capacidad de un deportista para manejar la acumulación de lactato se relaciona con su umbral anaeróbico y, por ende, con su capacidad para sostener esfuerzos intensos. Esto es favorable desde el punto de vista de la tolerancia al ejercicio, ya que una respuesta láctica moderada se asocia con un rendimiento sostenido y menor fatiga (Bowler et al.,

2024; Impey et al., 2018; Kaviani et al., 2019). La estabilidad de los niveles de lactato en las condiciones evaluadas podría sugerir que la intervención nutricional, ya sea con bebida de almendra o avena, no generó un estrés metabólico diferencial en los ciclistas, sin embargo, a la fecha no se encuentra evidencia bibliográfica que soporte este supuesto.

9.6 SÍNTOMAS GASTROINTESTINALES

La mayoría de los ciclistas no reportaron la presencia de síntomas, lo que sugiere una buena tolerancia a ambas bebidas. Se identificaron 4 casos de eructos por bebida, que constituyeron la mayoría de los pocos síntomas reportados, y estos se presentaron de forma aleatoria, en distintos ciclistas en cada bebida. La aparente estabilidad y baja incidencia de síntomas es relevante, pues en estudios de intervenciones nutricionales se espera que ciertos suplementos puedan desencadenar respuestas gastrointestinales adversas. Sin embargo, en este estudio, la mayoría de los atletas se mantuvo asintomático, lo que indica que ninguna bebida afectó negativamente la tolerancia gastrointestinal durante el esfuerzo.

Un aspecto fundamental que debe considerarse es el protocolo de entrenamiento gastrointestinal implementado durante dos semanas previas a las pruebas con bebidas. Durante los días de prueba, se evidenció que los ciclistas consumieron la bebida asignada de un volumen de 625 ml en menos de 3 minutos dentro de los 15 minutos estipulados, ya fuera al inicio o hacia el final del período asignado. Este entrenamiento es crucial, ya que la ingesta rápida de líquidos densos puede aumentar la posibilidad de tragar aire, lo cual es un mecanismo fisiológico conocido por generar eructos (Jeukendrup, 2017b).

La rápida ingestión de 625 ml en menos de 3 minutos por parte de la muestra de ciclistas, (quienes disponían de hasta 15 minutos en total para lograr el objetivo del consumo de las bebidas de la prueba), pudo haber incrementado la incidencia de eructos debido a la acumulación de aire en el tracto gastrointestinal. No obstante, esta adaptación también pudo haber contribuido a minimizar otros síntomas gastrointestinales, ya que los deportistas se acostumbraron a una ingesta rápida y a la sensación de llenura, lo que resulta fundamental en competencias deportivas (R. Costa et al., 2017; Martínez et al., 2023).

En términos generales, la baja incidencia de síntomas podría explicarse por dos factores: el entrenamiento GI previo que permitió que el tracto gastrointestinal se adaptara a la

ingesta rápida de líquidos densos, reduciendo la probabilidad de respuestas adversas como náuseas, acidez o distensión abdominal (R. Costa et al., 2017; Martínez et al., 2023; Wilson, 2022). A su vez tanto la bebida de avena como la de almendra, en las cantidades suministradas (625 ml) durante el estudio, presentan un perfil nutricional caracterizado por una moderada osmolaridad, bajo contenido de aditivos artificiales y ausencia de lactosa, lo cual las hace bien tolerables a nivel gastrointestinal. A diferencia de algunos suplementos deportivos formulados con altas concentraciones de azúcares simples, polioles, cafeína o estabilizantes artificiales, estas bebidas vegetales muestran un riesgo significativamente menor de inducir síntomas gastrointestinales como distensión, náuseas o diarrea, especialmente durante el ejercicio (Cui et al., 2023; Paul et al., 2020; Xiong et al., 2022).

Estudios han mostrado que el tragar aire (aerofagia) es un fenómeno común en personas jóvenes y deportistas, especialmente cuando consumen líquidos de forma acelerada antes o durante el ejercicio, y que este mecanismo es en sí mismo un proceso normal que no necesariamente afecta el rendimiento (Rajindrajith et al., 2022). En situaciones más específicas puede deberse a casos de meteorismo³, causante de molestias relacionadas con la presencia de gas en el intestino, gases que suelen ser expulsados por medio de eructos, difusión en sangre, metabolismo bacterial en el colon y eliminación por ventosidades o pedos (Ramos et al., 2005). La literatura que soporta estos casos menciona que además de la identificación y manejo de alimentos que generen intolerancias, se recomienda un consumo de alimentos y/o bebidas de manera lenta, y en el caso de deportistas donde el tiempo limitado obliga consumos acelerados en competencia, optar por consumos más pausados o controlados si los gases generan una afectación al desempeño, de lo contrario dependerá más de la tolerancia del atleta a estos gases (De-Oliveira et al., 2014; Rajindrajith et al., 2022; Ramos et al., 2005).

Desde un punto de vista práctico, la baja incidencia global de síntomas gastrointestinales es un hallazgo favorable, ya que indica que las intervenciones nutricionales con las bebidas evaluadas no comprometen la comodidad ni la salud gastrointestinal de los ciclistas durante

³ El meteorismo es un cuadro clínico debido a un exceso de gas dentro del intestino, y al aumento de la sensibilidad de las paredes de este a la distensión. No existen datos concretos sobre su frecuencia, pero se sabe que es una afección muy común en la población general (Ramos et al., 2005).

el ejercicio. Este aspecto es especialmente relevante en el contexto de la nutrición deportiva, donde la tolerancia de los suplementos es un factor crítico para su implementación en el entrenamiento y la competición.

10 CONCLUSIONES

1. Todos los participantes presentaron **un estadio de maduración positivo** (media $\approx 1.08 \pm 0.52$ años), es decir, estaban en estadio **post-PVC**. Dado el estado post-PVC de la muestra y la heterogeneidad madurativa, **la interpretación debe ser cautelosa**: La presencia de variación en el estadio madurativo (PVC) entre sujetos constituye **una fuente plausible de variabilidad biológica** que podría explicar parte de las diferencias individuales en PotMax, FactEf y en la cinética de glucosa, pero otra parte de las tendencias observadas pueden deberse a la composición de las bebidas.
2. Los análisis inferenciales mostraron **ausencia de diferencias estadísticamente significativas** ($p > 0.05$) entre las condiciones (basal, bebida de almendra, bebida de avena) en la mayoría de las variables de la prueba FTP (TasaTrab, PotRel, PotNor, PotMax en sentido estricto, FC), la prueba CMJ y las series de glucosa y lactato; por tanto, no se demuestra un efecto contundente y consistente de mejora en el rendimiento de las bebidas comerciales evaluadas sobre el rendimiento medio de la muestra bajo las condiciones del estudio.
3. A pesar de la falta de significancia estadística convencional, **se observaron tendencias de interés clínico/práctico**: la Potencia Máxima (PotMax) presentó una media mayor con la bebida de avena respecto a la basal y a la almendra, y el Factor de Eficiencia (FactEf = PotNor/FC) mostró una **tendencia marginal** ($p \approx 0.08$) favoreciendo la bebida de avena.
4. Aunque las bebidas comerciales tienen diferentes composiciones de CHO, **la respuesta glucémica durante el ejercicio real fue moderadamente estable**. Esto sugiere que factores integradores (respuesta hormonal al ejercicio, captura muscular durante el esfuerzo, y la presencia concomitante de proteína en las bebidas) pueden atenuar diferencias glicémicas esperadas por la sola composición

de la bebida, conservando la homeostasis glucémica en estos atletas altamente entrenados.

5. Las concentraciones y el tipo de carbohidratos en las bebidas (mayor carga total de CHO y predominio de carbohidratos complejos en la bebida de avena; menor CHO total y azúcares añadidos en la bebida de almendra) ofrecen **una explicación fisiológica plausible** para las tendencias observadas en PotMax y FactEf: mayor sustrato disponible y liberación más sostenida con avena versus posible manejo más rápido y variable de glucosa con azúcares añadidos en la almendra.
6. No se observaron diferencias entre las bebidas en la acumulación de lactato durante FTP (progresión esperada de L0→L20 sin efecto condicionado por las bebidas), de modo que la intervención nutricional no modificó de forma detectable la respuesta láctica aguda en el protocolo empleado.
7. La prueba CMJ evidenció diferencias significativas entre los saltos iniciales y finales, reflejando los efectos del protocolo de ejercicio. Si bien, la intervención nutricional **no produjo un efecto diferenciador atribuible a las bebidas** en las variables de Vuelo, Altura y Velocidad, es posible interpretar de manera positiva teniendo en cuenta las bebidas, ya que sugiere que el consumo de estas es seguro y no induce efectos adversos de forma inmediata en la función neuromuscular evaluada por la prueba CMJ.
10. La baja incidencia de síntomas gastrointestinales, evidenciada por el escaso reporte de malestares, confirma **la buena tolerabilidad de ambas bebidas**. El protocolo de entrenamiento gastrointestinal, que permitió a los ciclistas adaptarse a la ingesta rápida de líquidos densos, fue clave para minimizar la aparición de síntomas adversos. Este aspecto refuerza la importancia de la preparación específica para optimizar la ingesta de suplementos en contextos competitivos.
11. Las tendencias observadas (PotMax y FactEf a favor de avena) son **potencialmente de interés práctico** y justifican estudios confirmatorios con mayor potencia muestral y control (o ajuste) por maduración biológica.

11 LIMITACIONES Y RECOMENDACIONES

Los hallazgos de este estudio, a pesar de la falta de significancia estadística en algunas variables, indican que la intervención con bebida de avena tiene potencial para mejorar

aspectos clave del rendimiento, particularmente en términos de potencia máxima y eficiencia del esfuerzo. A continuación, se comparten las limitaciones percibidas y recomendaciones para futuras investigaciones.

- **Tamaño de la Muestra:** La cantidad limitada de participantes reduce la capacidad de generalizar los hallazgos y puede contribuir a la detección de diferencias marginales. Teniendo en cuenta que estudios de este tipo suelen tener números de participantes similares al trabajado actual y la dificultad inherente al conseguir y mantener la muestra a lo largo del estudio; se recomienda aumentar el tamaño muestral en estudios futuros para obtener estimaciones más precisas, en base a pruebas o análisis de potencia como el presentado en este trabajo, aunque se recomienda realizar pruebas de potencia nuevas ajustadas a las características únicas del trabajo futuro, con el fin no solo de mejorar la estadística de los resultados, sino prever una muestra más estable con mínimo abandono de población o contemplar una población de reserva acorde a los criterios estipulados en la investigación .
- **Cantidad de Bebida a consumir:** La cantidad de la bebida a suministrar puede limitar el consumo de la misma o participación en el estudio aun con un previo entrenamiento gastrointestinal. El estudio actual midió el efecto de dos bebidas comerciales en el mercado colombiano, según la disponibilidad de los mismos, con la premisa principal de que las bebidas no delataran su sabor entre si bajo el ensayo doble ciego con un volumen final de 625 ml para cada bebida, un volumen considerable. Si el contenido de CHO hubiera sido igualado por medio del volumen, la bebida de almendra hubiera necesitado un volumen final de 1040 ml. Podrían usarse bebidas con igual contenido de CHO, pero menor al del estudio, sin embargo, esto podría incidir enormemente en un efecto casi imperceptible sobre las posibles mejoras en rendimiento.
- **Duración del esfuerzo (FTP 20 min) y especificidad de la prueba:** El protocolo FTP fue adecuado para medir potencia en 20 min, pero puede no ser sensible para manifestar beneficios de ciertas intervenciones nutricionales que se aprecian en esfuerzos >60 minutos o en protocolos de acumulación de fatiga.
- **Mediciones Complementarias:** La integración de otras mediciones fisiológicas (por ejemplo, $\dot{V}O_2$ máx, y medidas de economía de movimiento) puede ayudar a

validar el Factor de Eficiencia como un indicador robusto del rendimiento y la respuesta a la intervención nutricional. También posibles manejo de toma de niveles de insulina, medir potencia normalizada por intervalos, complementar el factor de eficiencia con decoupling o desacople cardiaco.

- **Seguimiento a Largo Plazo:** Evaluar el impacto de la intervención nutricional en múltiples sesiones a lo largo del tiempo podría proporcionar información sobre la estabilidad y consistencia de los cambios en el Factor de Eficiencia, y potencialmente de otras variables.
- **Manejo de Encuestas o Escaladas GI validadas:** desde una perspectiva metodológica, es importante resaltar que la medición de síntomas gastrointestinales a través de encuestas binarias (0 = sin síntoma, 1 = con síntoma) tiene limitaciones inherentes. La naturaleza dicotómica de los datos puede no capturar la intensidad o la frecuencia exacta de cada síntoma, lo que sugiere que futuras investigaciones podrían beneficiarse de escalas más detalladas o incluso de métodos de seguimiento continuo para evaluar la respuesta gastrointestinal de forma más precisa. Aun no existen escaladas específicas para medición de síntomas GI en población deportiva, menos por grupos etarios específicos, por lo que se propone crear el instrumento y validarlo. También es posible usar adaptaciones como la de Martínez-González et al (2024) quienes midieron las propiedades psicométricas de la escala de gravedad de síntomas gastrointestinales en una muestra de adolescentes y adultos jóvenes, o la usada por Wardenaar et al (2024) una caracterización exploratoria de las molestias gastrointestinales, el bienestar físico y mental general y la microbiota intestinal en atletas recreativos y competitivos entrenados (Ruiz Díaz et al., 2009; Wardenaar et al., 2024).
- **Equipo utilizado para prueba CMJ:** Se recomienda en lo posible, utilizar equipos y programas de medición más sofisticados en futuros estudios.

12 BIBLIOGRAFÍA

- Aandahl, M. H., Noordhof, D. A., Tjønnå, 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>
- Abbasi, N. N., Purslow, P. P., Tosh, S. M., & Bakovic, M. (2016). Oat β -glucan depresses SGLT1- and GLUT2-mediated glucose transport in intestinal epithelial cells (IEC-6). *Nutrition Research (New York, N.Y.)*, 36(6), 541–552. <https://doi.org/10.1016/J.NUTRES.2016.02.004>
- Aguilar-Barojas, S. (2005). *Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud*. 11(1).
- Alghannam, A. F., Gonzalez, J. T., & Betts, J. A. (2018). Restoration of Muscle Glycogen and Functional Capacity: Role of Post-Exercise Carbohydrate and Protein Co-Ingestion. *Nutrients*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/NU10020253>
- Allen, H., Coggan, A., & McGregor, S. (2019). *Training and racing with a power meter* (3rd Ed).
- Allison, T., & Burdiat, G. (2010). Pruebas de esfuerzo cardiopulmonaren la práctica clínica. *REV URUG CARDIOL*, 25, 17–27.
- Alvim, R. O., Cheuhen, M. R., Machado, S. R., Sousa, A. G. P., & Santos, P. C. J. L. (2015). General aspects of muscle glucose uptake. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, 87(1), 351–368. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201520140225>
- Arroyo-Moya, W. (2023). Bio-banding en fútbol - Beneficios sobre el rendimiento, desarrollo psicológico y su influencia en la identificación del talento. *Cultura, Ciencia y Deporte*, 18(57), 21–36.
- Asahara, S. I., Inoue, H., Watanabe, H., & Kido, Y. (2022). Roles of mTOR in the Regulation of Pancreatic β -Cell Mass and Insulin Secretion. *Biomolecules*, 12(5), 614. <https://doi.org/10.3390/BIOM12050614>
- Aziz, A., Dumais, L., & Barber, J. (2013). Health Canada's evaluation of the use of glycemic index claims on food labels. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 98(2), 269–274. <https://doi.org/10.3945/AJCN.113.061770>
- Barranco-Gil, D., Hernández-Belmonte, A., Martínez-Cava, A., Buendía-Romero, Á., Alejo, L. B., Rodríguez-Rielves, V., Sanchez-Redondo, I., De Pablos, R., Lucia, A., & Valenzuela, P. L. (2024). Relative pedaling forces are low during cycling. *Journal of Science and Medicine in Sport*. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2024.05.009>
- Behrens, M., Gube, M., Chaabene, H., Prieske, O., Zenon, A., Broscheid, K. C., Schega, L., Husmann, F., & Weippert, M. (2023). Fatigue and Human Performance: An Updated Framework. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 53(1), 7–31. <https://doi.org/10.1007/S40279-022-01748-2>
- Bellissimo, N., Anderson, H., & Nicholls, J. (2022). Perspective: The Glycemic Index Falls Short as a Carbohydrate Food Quality Indicator to Improve Diet Quality. *Frontiers in Nutrition*, 9, 896333. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2022.896333>

- Benito Peinado, P. J., Calvo Bruzos, S. C., Gómez Candela, C., & Iglesias Rosado, C. (2014). *Alimentación y nutrición en la vida activa: ejercicio físico y deporte*. UNED - Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Bennett, S., Tiollier, E., Brocherie, F., Owens, D. J., Morton, J. P., & Louis, J. (2021). Three weeks of a home-based “sleep low-train low” intervention improves functional threshold power in trained cyclists: A feasibility study. *PLoS ONE*, *16*(12), e0260959. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0260959>
- Bicicletario. (2015). *IDARTES*. <https://acortar.link/ohOcx>
- Bowler, A., Burke, L., Coffey, V., & Cox, G. (2024). Day-to-Day Glycemic Variability Using Continuous Glucose Monitors in Endurance Athletes. *Journal of Diabetes Science and Technology*. <https://doi.org/10.1177/19322968241250355>
- Brooks, G. A. (2018). The Science and Translation of Lactate Shuttle Theory. *Cell Metabolism*, *27*(4), 757–785. <https://doi.org/10.1016/J.CMET.2018.03.008>
- Brown, R., Ware, L., Gray, A. R., Chisholm, A., & Tey, S. L. (2021). Snacking on almonds lowers glycaemia and energy intake compared to a popular high-carbohydrate snack food: An acute randomised crossover study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(20). <https://doi.org/10.3390/ijerph182010989>
- Burke, L. M., & Hawley, J. A. (2018). Swifter, higher, stronger: What’s on the menu? *Science (New York, N.Y.)*, *362*(6416), 781–787. <https://doi.org/10.1126/SCIENCE.AAU2093>
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Jeukendrup, A., Morton, J. P., Stellingwerff, T., & Maughan, R. J. (2018). Toward a Common Understanding of Diet-Exercise Strategies to Manipulate Fuel Availability for Training and Competition Preparation in Endurance Sport. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *28*(5), 451–463. <https://doi.org/10.1123/IJSNEM.2018-0289>
- Burke, L. M., Hawley, J. A., Wong, S. H. S., & Jeukendrup, A. E. (2012). Carbohydrates for training and competition. *Journal of Sports Sciences*, *29*(SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.585473>
- Burnley, M., & Jones, A. M. (2018). Power-duration relationship: Physiology, fatigue, and the limits of human performance. *European Journal of Sport Science*, *18*(1), 1–12. <https://doi.org/10.1080/17461391.2016.1249524>
- Calderay Mora, L. C. (2020). *Efectos De La Suplementación Con Hidratos De Carbono En Ciclistas*. Universidad Europea.
- Canário-Lemos, R., Vilaça-Alves, J., Moreira, T., Peixoto, R., Garrido, N., Goss, F., Furtado, H., & Reis, V. M. (2020). Are Heart Rate and Rating of Perceived Exertion Effective to Control Indoor Cycling Intensity? *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *17*(13), 1–8. <https://doi.org/10.3390/IJERPH17134824>
- Cárdenas Castro, J. M., & Arancibia Martini, H. (2014). Potencia estadística y cálculo del tamaño del efecto en G*Power: complementos a las pruebas de significación estadística y su aplicación en psicología. *Salud & Sociedad*, *5*(2), 210–244. <https://doi.org/10.22199/s07187475.2014.0002.00006>
- Caycho, T., Ventura-León, J., & Castillo-Blanco, R. (2016). Magnitud del efecto para

- la diferencia de dos grupos en ciencias de la salud. *Anales Sis San Navarra*. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1137-66272016000300017
- Cermak, N. M., & Van Loon, L. J. C. (2013). The use of carbohydrates during exercise as an ergogenic aid. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 43(11), 1139–1155. <https://doi.org/10.1007/S40279-013-0079-0>
- Charvátová, H., Procházka, A., & Vyšata, O. (2020). Motion Assessment for Accelerometric and Heart Rate Cycling Data Analysis. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 20(5). <https://doi.org/10.3390/S20051523>
- Chen, L. (2020). *Development of an oat based beverage rich in dietary fiber and protein Final Report*.
- Cid-Juárez, S., Luis Miguel-Reyes, J., Cortés-Télles, A., Gochicoa-Rangel, L., de Jesús Mora-Romero, U., Silva-Cerón, M., & Torre-Bouscoulet, L. (2015). Prueba cardiopulmonar de ejercicio. Recomendaciones y procedimiento. In *Revisión Neurol Cir Torax* (Vol. 74, Issue 3). www.medigraphic.org.mx
- Clemente, F., Ardigò, L., Wook, S., Lenoir, M., Rodrigues, L., & Sigmundsson, H. (2020). *Children's Exercise Physiology* (Frontiers in Physiology (Ed.)).
- Cossio-Bolaños, M., Vidal-Espinoza, R., Castelli Correia de Campos, L. F., Sulla-Torres, J., Cossio-Bolaños, W., Urra Albornoz, C., & Gómez-Campos, R. (2021). Equations predicting maturity status: Validation in a cross-sectional sample to assess physical growth and body adiposity in Chilean children and adolescents. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*, 68(10), 689–698. <https://doi.org/10.1016/J.ENDIEN.2021.11.033>
- Costa, I. (2005). Índice Glicémico Y Rendimiento: Ingesta De Carbohidratos De Distinto Índice Glicémico Y Su Efecto En La Capacidad De Resistencia. *PubliCE*. www.sobrentrenamiento.com
- Costa, R., 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>
- Craven, J., Desbrow, B., Sabapathy, S., Bellinger, P., McCartney, D., & Irwin, C. (2021). The Effect of Consuming Carbohydrate With and Without Protein on the Rate of Muscle Glycogen Re-synthesis During Short-Term Post-exercise Recovery: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sports Medicine - Open*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/S40798-020-00297-0>
- Cui, L., Jia, Q., Zhao, J., Hou, D., & Zhou, S. (2023). A comprehensive review on oat milk: from oat nutrients and phytochemicals to its processing technologies, product features, and potential applications. *Food & Function*, 14(13), 5858–5869. <https://doi.org/10.1039/D3FO00893B>
- Cuming, S., R, L., J, O., J, E., & R, M. (2017). Bio-banding in Sport - Applications to Competition, Talent Identification, and Strength and Conditioning of Youth Athletes. *National Strength and Conditioning Association*, 39(2).
- Dávila, E. (2017). Bebidas vegetales y leches de otros mamíferos. *Archivos*

- Venezolanos de Puericultura y Pediatría*, 80(3), 96–101.
<https://acortar.link/c0Xq8p>
- De-Oliveira, E., Burini, R., & Jeukendrup, A. (2014). Gastrointestinal Complaints During Exercise: Prevalence, Etiology, and Nutritional Recommendations. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(Suppl 1), 79. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0153-2>
- Delvecchio, L., Borges, N., Reaburn, P., & Korhonen, M. (2016). Reliability of Squat Jump and Countermovement Jump Performance in Masters Athletes. *La Prensa Medica*, 102(2). <https://doi.org/10.4172/lpma.1000205>
- Dominguez-Lara, S. (2018). Effect size, a quick guide. *Educacion Medica*, 19(4), 251–254. <https://doi.org/10.1016/J.EDUMED.2017.07.002>
- Faraloni, C., Albanese, L., Chini Zittelli, G., Meneguzzo, F., Tagliavento, L., & Zabini, F. (2023). New Route to the Production of Almond Beverages Using Hydrodynamic Cavitation. *Foods*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/foods12050935>
- Flockhart, M., & Larsen, F. J. (2024). Continuous Glucose Monitoring in Endurance Athletes: Interpretation and Relevance of Measurements for Improving Performance and Health. *Sports Medicine*, 54(2), 247–255. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01910-4>
- Furrer, R., Hawley, J. A., & Handschin, C. (2023). The molecular athlete: exercise physiology from mechanisms to medals. *Physiological Reviews*, 103(3), 1693. <https://doi.org/10.1152/PHYSREV.00017.2022>
- G * Power 3.1 Manual*. (2023).
- Gita, M., & Dianah, I. (2021). Nutritional Analysis of Non-Dairy Milk Almond-Tempeh as a Multivitamin Supplement for the Elderly. *International Joint Conference on Science and Engineering*.
- Gómez-Campos R, de Arruda M, Hobold E, Abella C, Camargo C, Martínez Salazar C, & Cossio-Bolaños M. (2013). Valoración de la maduración biológica: usos y aplicaciones en el ámbito escolar. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 6, 159–168.
- Gómez, A., Portillo, Lady, Quinchía, A., Bejarano, E., Povea, C., & Guerrero, L. (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.
- Gomez Campos, R., Hespanhol, J., Portella, D., Vargas Vitoria, R., De Arruda, M., & Cossio-Bolaños, M. (2012). Predicción de la maduración somática a partir de variables antropométricas: validación y propuesta de ecuaciones para escolares de Brasil. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 3, 7–17.
- Gonzalez, D. E., McAllister, M. J., Waldman, H. S., Ferrando, A. A., Joyce, J., Barringer, N. D., Dawes, J. J., Kieffer, A. J., Harvey, T., Kerksick, C. M., Stout, J. R., Ziegenfuss, T. N., Zapp, A., Tartar, J. L., Heilesen, J. L., VanDusseldorp, T. A., Kalman, D. S., Campbell, B. I., Antonio, J., & Kreider, R. B. (2022). International society of sports nutrition position stand: tactical athlete nutrition. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 267–315. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2086017>
- Gu, C., He, G., & Lin, C. (2022). Evaluation Of High Levels Of Sports Activity And

- The Beneficial Effect On Postprandial Blood Glucose Profiles. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 28(5), 465–468. https://doi.org/10.1590/1517-8692202228052022_127
- Hamasaki, H., & Hamasaki, Y. (2017). Nuts for Physical Health and Fitness: A Review. *AIMS Medical Science*, 4(4), 441–455. <https://doi.org/10.3934/medsci.2017.4.441>
- Hebisz, P., Jastrzębska, A. D., & Hebisz, R. (2021). Real Assessment of Maximum Oxygen Uptake as a Verification After an Incremental Test Versus Without a Test. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.739745>
- Hernández, P., Mata, C., Lares, M., Velazco, Y., & Brito, S. (2013). Nutrición Clínica Índice glicémico y carga glucémica de las dietas de adultos diabéticos y no diabéticos Glycemic index and glycemic load of diets of diabetic and nondiabetic adults. *An Venez Nutr*, 26(1), 5–13.
- Hobold, E., Flores, L. J. F., Brandt, R., Mazzardo Junior, O., & De Arruda, M. (2017). Pico de velocidade de crescimento em antropometria e composição corporal de escolares. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, 19(3), 309–315. <https://doi.org/10.5007/1980-0037.2017v19n3p309>
- Hopkins, W. G., Marshall, S. W., Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3–12. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E31818CB278>
- Hunter, B., Maunder, E., Jones, A. M., Gallo, G., & Muniz-Pumares, D. (2025). Durability as an index of endurance exercise performance: Methodological considerations. *Experimental Physiology*. <https://doi.org/10.1113/EP092120>
- Impellizzeri, F. M., Marcora, S. M., & Coutts, A. J. (2019). Internal and external training load: 15 years on. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(2), 270–273. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2018-0935>
- Impey, S. G., Hearn, M. A., Hammond, K. M., Bartlett, J. D., Louis, J., Close, G. L., & Morton, J. P. (2018). Fuel for the Work Required: A Theoretical Framework for Carbohydrate Periodization and the Glycogen Threshold Hypothesis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 48(5), 1031–1048. <https://doi.org/10.1007/S40279-018-0867-7>
- Jamnick, N. A., Botella, J., Pyne, D. B., & Bishop, D. J. (2018). Manipulating graded exercise test variables affects the validity of the lactate threshold and $\dot{V}_{O_2\text{peak}}$. *PLoS ONE*, 13(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199794>
- Jensen, S. A., Fiocchi, A., Baars, T., Jordakieva, G., Nowak-Wegrzyn, A., Pali-Schöll, I., Passanisi, S., Pranger, C. L., Roth-Walter, F., Takkinen, K., Assa'ad, A. H., Venter, C., & Jensen-Jarolim, E. (2022). Diagnosis and Rationale for Action against Cow's Milk Allergy (DRACMA) Guidelines update - III - Cow's milk allergens and mechanisms triggering immune activation. *World Allergy Organization Journal*, 15(9). <https://doi.org/10.1016/j.waojou.2022.100668>
- Jeske, S., Zannini, E., & Arendt, E. K. (2017). Evaluation of Physicochemical and Glycaemic Properties of Commercial Plant-Based Milk Substitutes. *Plant Foods for Human Nutrition (Dordrecht, Netherlands)*, 72(1), 26–33. <https://doi.org/10.1007/S11130-016-0583-0>

- Jeukendrup, A. E. (2011). *Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. SUPPL. 1*. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>
- Jeukendrup, A. E. (2013). Oral carbohydrate rinse: placebo or beneficial? *Current Sports Medicine Reports*, 12(4), 222–227. <https://doi.org/10.1249/JSR.0B013E31829A6CAA>
- Jeukendrup, A. E. (2017a). Periodized Nutrition for Athletes. In *Sports Medicine* (Vol. 47, pp. 51–63). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0694-2>
- Jeukendrup, A. E. (2017b). Training the Gut for Athletes. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 47(Suppl 1), 101–110. <https://doi.org/10.1007/S40279-017-0690-6>
- Johnson, M. J., Close, L., Gillon, S. C., Molassiotis, A., Lee, P. H., Farquhar, M. C., Bausewein, C., Dorman, S., Booth, S., Oxberry, S., Malik, F., Simon, S., Pattinson, K., Yorke, J., & White, P. (2016). Use of the modified Borg scale and numerical rating scale to measure chronic breathlessness: A pooled data analysis. *European Respiratory Journal*, 47(6), 1861–1864. <https://doi.org/10.1183/13993003.02089-2015>
- Karl, J. P., Roberts, S. B., Schaefer, E. J., Gleason, J. A., Fuss, P., Rasmussen, H., Saltzman, E., & Das, S. K. (2015). Effects of carbohydrate quantity and glycemic index on resting metabolic rate and body composition during weight loss. *Obesity*, 23(11), 2190–2198. <https://doi.org/10.1002/oby.21268>
- Kaviani, M., Chilibeck, P. D., Jochim, J., Gordon, J., & Zello, G. A. (2019). The Glycemic Index of Sport Nutrition Bars Affects Performance and Metabolism During Cycling and Next-Day Recovery. *Journal of Human Kinetics*, 66(1), 69. <https://doi.org/10.2478/HUKIN-2018-0050>
- Kerksick, C. M., Arent, S., Schoenfeld, B. J., Stout, J. R., Campbell, B., Wilborn, C. D., Taylor, L., Kalman, D., Smith-Ryan, A. E., Kreider, R. B., Willoughby, D., Arciero, P. J., VanDusseldorp, T. A., Ormsbee, M. J., Wildman, R., Greenwood, M., Ziegenfuss, T. N., Aragon, A. A., & Antonio, J. (2017). *International society of sports nutrition position stand: nutrient timing*. 14(1). <https://doi.org/10.1186/S12970-017-0189-4>
- Kesavadev, J., Das, A. K., Manojan, K. K., Muruganathan, A., Jagadeesha, A., Shenoy, M. T., Sreelakshmi, R., Basanth, A., Jothydev, K., & Krishnan, G. (2023). History and Evolution of Capillary Glucose Monitoring. *International Journal of Diabetes and Technology*, 2(2), 37–42. https://doi.org/10.4103/ijdt.ijdt_30_23
- Khalid, W., Afzal, F., Prakash Jha, R., Afzal, N., Zubair Khalid, M., Shoaib, T., Akram, R., Gill, P., Aziz, A., Aslam, N., & Azhar, A. (2021). Almond (*Prunus dulcis*): A Nutritive Dense Dry Fruit. *Acta Scientifci Nutritional Health*, 5(7), 38–46. <https://doi.org/10.31080/asnh.2020.05.0890>
- König, D., Braun, H., Carlsohn, A., Großhauser, M., Lampen, A., Mosler, S., Nieß, A., Oberritter, H., Schäbenthal, K., Schek, A., Stehle, P., Virmani, K., Ziegenhagen, R., & Hesecker, H. (2020). Position of the Working Group Sports Nutrition of the German Nutrition Society (DGE): Carbohydrates in Sports Nutrition. *GERMAN JOURNAL OF SPORTS MEDICINE*, 71, 185–191. <https://doi.org/10.5960/dzsm.2020.456>

- Kozielec, S. M., Suder, A., Chrzanowska, M., Králík, M., & Malina, R. M. (2024). Growth status and age at peak height velocity among youth participants in several sports: the Cracow longitudinal study. *BMC Sports Science, Medicine and Rehabilitation*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/s13102-024-00905-6>
- Kulich, K. R., Piqué, J. M., Vegazo García, O., Jiménez, J., Zapardiel, J., Carlsson, J., & Wiklund, I. (2005). Psychometric validation of translation to Spanish of the gastrointestinal symptoms rating scale (GSRS) and quality of life in reflux and dyspepsia (QOLRAD) in patients with gastroesophageal reflux disease. *Revista Clínica Española*, 205(12), 588–594. [https://doi.org/10.1016/s0014-2565\(05\)72651-5](https://doi.org/10.1016/s0014-2565(05)72651-5)
- Lakens, D. (2013). Calculating and reporting effect sizes to facilitate cumulative science: a practical primer for t-tests and ANOVAs. *Frontiers in Psychology*, 4(NOV). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2013.00863>
- Larson-Meyer, D. E. (2018). Vegetarian and vegan diets for athletic training and performance. *Sports Science Exchange*. <https://acortar.link/vJScb0>
- Leyva, M., Rodríguez, Y., Rodríguez, R., & Niño, S. (2020). Mecanismos moleculares de la secreción de insulina. *Correo Científico Médico*, 24(2), 1–17. <https://orcid.org/0000-0003-3660-954X>
- Li, X., Wang, W., Guo, R., Wang, A., & Wei, C. (2020). *The Effects of Sports Drinks During High-Intensity Exercise on the Carbohydrate Oxidation Rate Among Athletes: A Systematic Review and Meta-Analysis*. 11, 1432. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33362573/>
- Liang, Y., Chen, Y., Yang, F., Jensen, J., Gao, R., Yi, L., & Qiu, J. (2022). Effects of carbohydrate and protein supplement strategies on endurance capacity and muscle damage of endurance runners: A double blind, controlled crossover trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 19(1), 623–637. <https://doi.org/10.1080/15502783.2022.2131460>
- Liska, D. A. J., Dioum, E. H., Chu, Y., & Mah, E. (2022). Narrative Review on the Effects of Oat and Sprouted Oat Components on Blood Pressure. In *Nutrients* (Vol. 14, Issue 22). MDPI. <https://doi.org/10.3390/nu14224772>
- Litwak, L. E., Carreño, N., Carnero, R., Dain, A., Grosebacher, L. A., Musso, C., Proietti, A., Rista, L., Rovira, G., Rubin, G., Ruiz, M. L., Saleme, A., Trifone, L., & Costa Gil, J. E. (2020). Monitoreo continuo de glucosa: indicaciones, interpretación de datos y toma de decisiones terapéuticas Recomendaciones de expertos. *Revista de La Sociedad Argentina de Diabetes*, 54(3), 132–146.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Howard, R., De Ste Croix, M. B. A., Williams, C. A., Best, T. M., Alvar, B. A., Micheli, L. J., Thomas, D. P., Hatfield, D. L., Cronin, J. B., & Myer, G. D. (2015). Long-term athletic development- Part 1: A pathway for all youth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(5), 1439–1450. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000756>
- Lopez-Gruoso, 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>
- Lotosky, J., Jean, X., Altankhuyag, A., Khan, S., Bernotas, A., Sharafshah, A., Blum, K., Posner, A., & Thanos, P. K. (2025). GLP-1 and Its Role in Glycogen Production: A Narrative Review. *Biomedicines*, 13(7).

- <https://doi.org/10.3390/BIOMEDICINES13071610>
- Maciel, M. G., Beserra, B. T. S., Oliveira, F. C. B., Ribeiro, C. M., Coelho, M. S., Neves, F. de A. R., & Amato, A. A. (2018). The effect of glucagon-like peptide 1 and glucagon-like peptide 1 receptor agonists on energy expenditure: A systematic review and meta-analysis. *Diabetes Research and Clinical Practice*, *142*, 222–235. <https://doi.org/10.1016/J.DIABRES.2018.05.034>
- Malina, R. M., Kozieł, S. M., Králik, M., Chrzanowska, M., & Suder, A. (2021). Prediction of maturity offset and age at peak height velocity in a longitudinal series of boys and girls. *American Journal of Human Biology*, *33*(6). <https://doi.org/10.1002/AJHB.23551>
- Malina, R. M., Králik, M., Kozieł, S. M., Cumming, S. P., Konarski, J. M., Sousa-E-Silva, P., Martinho, D. V., Figueiredo, A. J., & Coelho-E-Silva, M. J. (2024). Ages at peak height velocity in male soccer players 11–16 years: relationships with skeletal age and comparisons among longitudinal studies. *Biology of Sport*, *41*(1), 135–144. <https://doi.org/10.5114/biolsport.2024.127385>
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho E Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2015). Biological maturation of youth athletes: assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, *49*(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/BJSPORTS-2015-094623>
- Martínez-Ezquerro, J., Riojas-Garza, A., Rendón-Macías, M., Martínez-Ezquerro, J., Riojas-Garza, A., & Rendón-Macías, M. (2017). Significancia clínica sobre significancia estadística. Cómo interpretar los intervalos de confianza a 95 %. *Revista Alergia México*, *64*(4), 477–486. <https://doi.org/10.29262/RAM.V64I4.334>
- Martinez, I. G., Mika, A. S., Biesiekierski, J. R., & Costa, R. J. S. (2023). The Effect of Gut-Training and Feeding-Challenge on Markers of Gastrointestinal Status in Response to Endurance Exercise: A Systematic Literature Review. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *53*(6), 1175–1200. <https://doi.org/10.1007/S40279-023-01841-0>
- Mathi, E., Chaturvedi, P., & Khera, K. (2023). Lactate Training (LT) Protocol To Enhance Distance Running-Review Paper. In *International Journal of Current Science* (Vol. 13, Issue 2). www.ijcspub.org
- Matthan, N. R., Ausman, L. M., Meng, H., Tighiouart, H., & Lichtenstein, A. H. (2016). Estimating the reliability of glycemic index values and potential sources of methodological and biological variability. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *104*(4), 1004–1013. <https://doi.org/10.3945/AJCN.116.137208>
- McMahon, J. J., Suchomel, T. J., Lake, J. P., & Comfort, P. (2018). Understanding the key phases of the countermovement jump force-time curve. *Strength and Conditioning Journal*, *40*(4), 96–106. <https://doi.org/10.1519/SSC.0000000000000375>
- McMaster, D. T., Gill, N., Cronin, J., & McGuigan, M. (2014). A brief review of strength and ballistic assessment methodologies in sport. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, *44*(5), 603–623. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0145-2>
- Meyer, D., Dungs, C., & Senner, V. (2015). Estimating the relationship between heart rate and power output for short term cycling exercises. *Procedia Engineering*,

- 112, 237–243. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2015.07.206>
- 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>
- Mirwald, R., Baxter-Jones, G., Bailey, D., & Beunen, G. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4), 689–694. <https://doi.org/10.1097/00005768-200204000-00020>
- Mogollón, F. C., & Petro, J. L. (2012). Planteamientos Relevantes Sobre El Metabolismo Del Lactato Y Su Relación Con El Ejercicio Físico. *Revista Actividad Física y Desarrollo Humano*. <https://www.researchgate.net/publication/301302212>
- Moraleja, N., Tutor, G.-S., María, D., & Pérez Rodríguez, L. (2015). Bebidas Vegetales. *Facultad De Farmacia Universidad Complutense*. <https://acortar.link/IWCNLM>
- Mori, A., Lapsley, K., & Mattes, R. D. (2011). Almonds (*Prunus dulcis*): Post-Ingestive Hormonal Response. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 167–173). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-375688-6.10019-2>
- 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>
- Myburgh, G. K., Cumming, S. P., & Malina, R. M. (2019). Cross-Sectional Analysis Investigating the Concordance of Maturity Status Classifications in Elite Caucasian Youth Tennis Players. *Sports Medicine - Open*, 5(1), 1–9. <https://doi.org/10.1186/S40798-019-0198-8/TABLES/3>
- Nabil, M., & Ibrahim, G. (2021). The leadership of oat drinks in the market of plant-based beverages. *Tevislik Toit*. <https://www.researchgate.net/publication/357605708>
- Nie, J., Liu, X., Lilley, B. N., Zhang, H., Pan, Y. A., Kimball, S. R., Zhang, J., Zhang, W., Wang, L., Jefferson, L. S., Sanes, J. R., Han, X., & Shi, Y. (2013). SAD-A kinase controls islet β -cell size and function as a mediator of mTORC1 signaling. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 110(34), 13857–13862. <https://doi.org/10.1073/PNAS.1307698110>
- Nielsen, L. L. K., Lambert, M. N. T., & Jeppesen, P. B. (2020). The Effect of Ingesting Carbohydrate and Proteins on Athletic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*, 12(5). <https://doi.org/10.3390/NU12051483>
- Oliveira, I., Meyer, A. S., Afonso, S., Sequeira, A., Vilela, A., Goufo, P., Trindade, H., & Gonçalves, B. (2020). Effects of different processing treatments on almond (*Prunus dulcis*) bioactive compounds, antioxidant activities, fatty acids, and sensorial characteristics. *Plants*, 9(11), 1–18. <https://doi.org/10.3390/plants9111627>

- Onor, M., Gufoni, S., Lomonaco, T., Ghimenti, S., Salvo, P., Sorrentino, F., & Bramanti, E. (2017). Potentiometric sensor for non invasive lactate determination in human sweat. *Analytica Chimica Acta*, *989*, 80–87. <https://doi.org/10.1016/J.ACA.2017.07.050>
- Pallarés, J. G., Morán-Navarro, R., Ortega, J. F., Fernández-Elías, V. E., & Mora-Rodriguez, R. (2016). Validity and reliability of ventilatory and blood lactate thresholds in well-trained cyclists. *PLoS ONE*, *11*(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163389>
- Park, S. Y., Gautier, J.-F., & Chon, S. (2021). Assessment of Insulin Secretion and Insulin Resistance in Human. *DIABETES & METABOLISM JOURNAL*, *1*(45), 641–654. <https://doi.org/10.4093/dmj.2021.0220>
- 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). <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00361-w>
- Parr, J., Winwood, K., Hodson-Tole, E., Deconinck, F. J. A., Parry, L., Hill, J. P., Malina, R. M., & Cumming, S. P. (2020). Predicting the timing of the peak of the pubertal growth spurt in elite male youth soccer players: evaluation of methods. *Annals of Human Biology*, *47*(4), 400–408. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1782989>
- Passos, T. U., Passos, T. U., Sampaio, R. M. M., & Brito, F. C. R. (2024). Glycemic index and glycemic load: Challenges and benefits of clinical applicability. In *Health and Medicine: Science, Care, and Discoveries*. Seven Editora. <https://doi.org/10.56238/sevened2023.004-027>
- Paudel, D., Dhungana, B., Caffè, M., & Krishnan, P. (2021). A review of health-beneficial properties of oats. In *Foods* (Vol. 10, Issue 11). MDPI. <https://doi.org/10.3390/foods10112591>
- Paul, A. A., Kumar, S., Kumar, V., & Sharma, R. (2020). Milk Analog: Plant based alternatives to conventional milk, production, potential and health concerns. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *60*(18), 3005–3023. <https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1674243>
- Pereira Costa, V., Klitzke Borszcz, F., Tramontin, A., & Bossi, A. H. (2017). Functional threshold power in cyclists: validity of the concept and physiological responses. In *J Sci Cycling* (Vol. 6, Issue 3). <https://www.researchgate.net/publication/322803192>
- Petrigna, L., Karsten, B., Marcolin, G., Paoli, A., D'Antona, G., Palma, A., & Bianco, A. (2019). A Review of Countermovement and Squat Jump Testing Methods in the Context of Public Health Examination in Adolescence: Reliability and Feasibility of Current Testing Procedures. *Frontiers in Physiology*, *10*. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2019.01384>
- Peyper, K. R., Olivier, B., & Green, A. (2022). The cycle ergometer test is not a reliable alternative to the countermovement jump in the assessment of power output. *South African Journal of Sports Medicine*, *34*(1). <https://doi.org/10.17159/2078-516X/2022/v34i1a12869>
- Pfeiffer, B., Stellingwerff, T., Zaltas, E., & Jeukendrup, A. E. (2010). Oxidation of solid

- versus liquid CHO sources during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 42(11), 2030–2037. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E3181E0EFC9>
- Podlogar, T., & Wallis, G. A. (2022). New Horizons in Carbohydrate Research and Application for Endurance Athletes. *Sports Medicine 2022* 52:1, 52(1), 5–23. <https://doi.org/10.1007/S40279-022-01757-1>
- Pomportes, L., Brisswalter, J., Hays, A., & Davranche, K. (2016). Effect of Carbohydrate Intake on Maximal Power Output and Cognitive Performances. *Sports*, 4(4), 49. <https://doi.org/10.3390/SPORTS4040049>
- R Core Team. (2024). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. <https://www.gnu.org/copyleft/gpl.html>.
- Rajindrajith, S., Gunawardane, D., Kuruppu, C., Dharmaratne, S. D., Gunawardena, N. K., & Devanarayana, N. M. (2022). Epidemiology of aerophagia in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *PloS One*, 17(7). <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0271494>
- Ramos-Galarza, C. A. (2020). Editorial. El Mito del Tamaño de la Muestra. *CienciAmérica*, 9(1), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i1.264>
- Ramos, F., Moreno, L., Moreira, V., López, A., & Román, S. (2005). Meteorismo. *Revista Española de Enfermedades Digestivas*, 97(2), 137–137. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-01082005000200009&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Redondo, N. (2024). *Impacto de la Monitorización Continua de Glucosa en el Rendimiento de Deportistas*. Universidad Abierta de Cataluña.
- Retzepis, N.-O., Avloniti, A., Kokkotis, C., Stampoulis, T., Balampanos, D., Gkachtsou, A., Aggelakis, P., Kelaraki, D., Protopapa, M., Pantazis, D., Emmanouilidou, M., Zaras, N., Draganidis, D., Smilios, I., Kambas, A., Fatouros, I. G., Michalopoulou, M., & Chatzinikolaou, A. (2025). The Effect of Peak Height Velocity on Strength and Power Development of Young Athletes: A Scoping Review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 10(2), 168. <https://doi.org/10.3390/jfmk10020168>
- Rojas, P. (2012). *Desarrollo y Caracterización de una nueva bebida de avena*. Universidad de Valladolid.
- Rothschild, J. A., Kilding, A. E., Broome, S. C., Stewart, T., Cronin, J. B., & Plews, D. J. (2021). Pre-exercise carbohydrate or protein ingestion influences substrate oxidation but not performance or hunger compared with cycling in the fasted state. *Nutrients*, 13(4), 1291. <https://doi.org/10.3390/NU13041291/S1>
- Ruiz Díaz, M. A., Suárez Parga, J. M., Pardo Merino, A., García Vargas, M., & Pascual Renedo, V. (2009). Cultural adaptation to Spanish and validation of the Gastrointestinal Short Form Questionnaire. *Gastroenterología y Hepatología*, 32(1), 9–21. <https://doi.org/10.1016/j.gastrohep.2008.09.006>
- Sacks, F. M., Carey, V. J., Anderson, C. A. M., Miller, E. R., Copeland, T., Charleston, J., Harshfield, B. J., Laranjo, N., McCarron, P., Swain, J., White, K., Yee, K., & Appel, L. J. (2014). Effects of high vs low glycemic index of dietary carbohydrate on cardiovascular disease risk factors and insulin sensitivity: The OmniCarb randomized clinical trial. *JAMA - Journal of the American Medical Association*,

- 312(23), 2531–2541. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.16658>
- Scott, D. (2007). *Lactate Threshold Tests Lactate Threshold-Treadmill*. www.davescottinc.com
- Sepúlveda, T. (2016). *Diseño de un proceso enzimático de elaboración de leche de avena con características funcionales*. Universidad de Chile.
- Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016). Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review. In *Journal of Food Science and Technology* (Vol. 53, Issue 9, pp. 3408–3423). Springer India. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2328-3>
- Shen, X. L., Zhao, T., Zhou, Y., Shi, X., Zou, Y., & Zhao, G. (2016). Effect of Oat β -Glucan Intake on Glycaemic Control and Insulin Sensitivity of Diabetic Patients: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Nutrients*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/NU8010039>
- Siegel, L., Rooney, J., Marjoram, L., Mason, L., Bowles, E., van Keulen, T. V., Helander, C., Rayo, V., Hong, M. Y., Liu, C., Hooshmand, S., Kern, M., & Witard, O. C. (2023). Chronic almond nut snacking alleviates perceived muscle soreness following downhill running but does not improve indices of cardiometabolic health in mildly overweight, middle-aged, adults. *Frontiers in Nutrition*, 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1298868>
- Singar, S., Kadyan, S., Patoine, C., Park, G., Arjmandi, B., & Nagpal, R. (2024). The Effects of Almond Consumption on Cardiovascular Health and Gut Microbiome: A Comprehensive Review. In *Nutrients* (Vol. 16, Issue 12). <https://doi.org/10.3390/nu16121964>
- Skroce, K., Zignoli, A., Fontana, F. Y., Maturana, F. M., Lipman, D., Tryfonos, A., Riddell, M. C., & Zisser, H. C. (2024). Real World Interstitial Glucose Profiles of a Large Cohort of Physically Active Men and Women. *Sensors*, 24(3). <https://doi.org/10.3390/s24030744>
- Spriet, L. L. (2014). New Insights into the Interaction of Carbohydrate and Fat Metabolism During Exercise. *Sports Medicine*, 44, 87–96. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0154-1>
- Stănilă, A. M., Lupșa, M. M., & Stănilă, C. (2020). BIO-BANDING from concept to practice in sports. *Timisoara Physical Education and Rehabilitation Journal*, 13(24), 19–24. <https://doi.org/10.2478/tperj-2020-0003>
- Stecker, R. ., Harty, P. ., Jagim, A. ., Candow, D. ., & Kerksick, C. . (2019). Timing of ergogenic aids and micronutrients on muscle and exercise performance. . *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(37).
- Steinert, R. E., Feinle-Bisset, C., Asarian, L., Horowitz, M., Beglinger, C., & Geary, N. (2017). Ghrelin, CCK, GLP-1, and PYY(3-36): Secretory Controls and Physiological Roles in Eating and Glycemia in Health, Obesity, and After RYGB. *Physiological Reviews*, 97(1), 411–463. <https://doi.org/10.1152/PHYSREV.00031.2014>
- Sun, F., Yi, C., Li, W., & Li, Y. (2017). A wearable H-shirt for exercise ECG monitoring and individual lactate threshold computing. *Computers in Industry*, 92–93, 1–11. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2017.06.004>
- Tan, A. Y. W., Hamzah, S. H., Huang, C. Y., & Kuo, C. H. (2021). Pre-exercise

- Carbohydrate Drink Adding Protein Improves Post-exercise Fatigue Recovery. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/FPHYS.2021.765473>
- Teunissen, J. W., Rommers, N., Pion, J., Cumming, S. P., Rössler, R., D'Hondt, E., Lenoir, M., Savelsbergh, G. J. P., & Malina, R. M. (2020). Accuracy of maturity prediction equations in individual elite male football players. *Annals of Human Biology*, 47(4), 409–416. <https://doi.org/10.1080/03014460.2020.1783360>
- Thomas, D. T., Erdman, K. A., & Burke, L. M. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 116(3), 501–528. <https://doi.org/10.1016/j.jand.2015.12.006>
- Tiller, N. B., Roberts, J. D., Beasley, L., Chapman, S., Pinto, J. M., Smith, L., Wiffin, M., Russell, M., Sparks, S. A., Duckworth, L., O'Hara, J., Sutton, L., Antonio, J., Willoughby, D. S., Tarpey, M. D., Smith-Ryan, A. E., Ormsbee, M. J., Astorino, T. A., Kreider, R. B., ... Bannock, L. (2019). International Society of Sports Nutrition Position Stand: nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1). <https://doi.org/10.1186/S12970-019-0312-9>
- Towilson, C., & Cumming, S. P. (2022). Bio-banding in soccer: past, present, and future. *Annals of Human Biology*, 49(7–8), 269–273. <https://doi.org/10.1080/03014460.2022.2129091>
- Towilson, C., Salter, J., Ade, J. D., Enright, K., Harper, L. D., Page, R. M., & Malone, J. J. (2021). Maturity-associated considerations for training load, injury risk, and physical performance in youth soccer: One size does not fit all. *Journal of Sport and Health Science*, 10(4), 403–412. <https://doi.org/10.1016/J.JSHS.2020.09.003>
- Trejo, J. (2015). Desarrollo y comparación de los principales componentes nutricionales de leches vegetales. *Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro*.
- Turner, A., McKean, M., Doyle, D., & Burkett, B. (2024). The reliability of a linear position transducer for measuring countermovement jump performance in national-level road cyclists. *PLoS ONE*, 19(2 February). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0298291>
- van Gerwen, J., Shun-Shion, A. S., & Fazakerley, D. J. (2023). Insulin signalling and GLUT4 trafficking in insulin resistance. *Biochemical Society Transactions*, 51(3), 1057. <https://doi.org/10.1042/BST20221066>
- Vijay, S. A., Sivakumar, C., Kumar, P. V., Muralidharan, C. K., Rajkumar, K. V., Kannan, K. R., Pradeepa, M., Sivasankar, P., Mariam, A. A., & Anand, U. K. A. (2024). Lactate threshold training to improve longdistance running performance: A narrative review. *Montenegrin Journal of Sports Science and Medicine*, 20(1), 19–29. <https://doi.org/10.26773/mjssm.240303>
- Vizuete, A. A., & Anta, R. M. O. (2016). Effects of oat beta-glucan intake on blood cholesterol: A review. *Revista Espanola de Nutricion Humana y Dietetica*, 20(2), 127–139. <https://doi.org/10.14306/renhyd.20.2.183>
- Wahl, P., Zwingmann, L., Manunzio, C., Wolf, J., & Bloch, W. (2018). Higher

- Accuracy of the Lactate Minimum Test Compared to Established Threshold Concepts to Determine Maximal Lactate Steady State in Running. *International Journal of Sports Medicine*, 39(7), 541–548. <https://doi.org/10.1055/S-0044-102131>
- Waldron, M., & Highton, J. (2014). Fatigue and pacing in high-intensity intermittent team sport: an update. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(12), 1645–1658. <https://doi.org/10.1007/S40279-014-0230-6>
- Wardenaar, F. C., Mohr, A. E., Ortega-Santos, C. P., Nyakayiru, J., Kersch-Counet, C., Chan, Y., Clear, A. M., Kurka, J., Schott, K. D., & Seltzer, R. G. N. (2024). Explorative Characterization of GI Complaints, General Physical and Mental Wellbeing, and Gut Microbiota in Trained Recreative and Competitive Athletes with or without Self-Reported Gastrointestinal Symptoms. *Nutrients*, 16(11), 1712. <https://doi.org/10.3390/NU16111712/S1>
- Wilson, P. (2022). Sport Supplements and the Athlete's Gut: A Review. *International Journal of Sports Medicine*, 43(10), 840–849. <https://doi.org/10.1055/A-1704-3086>
- Witard, O., Hearn, M., & Morgan, P. (2025). Protein Nutrition for Endurance Athletes: A Metabolic Focus on Promoting Recovery and Training Adaptation. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02203-8>
- Xia, Z., Cholewa, J. M., Dardevet, D., Huang, T., Zhao, Y., Shang, H., Yang, Y., Ding, X., Zhang, C., Wang, H., Liu, S., Su, Q., & Zanchi, N. E. (2018). Effects of oat protein supplementation on skeletal muscle damage, inflammation and performance recovery following downhill running in untrained collegiate men. *Food and Function*, 9(9), 4720–4729. <https://doi.org/10.1039/c8fo00786a>
- Xiong, Y., Zhang, P., Warner, R. D., Shen, S., & Fang, Z. (2022). Cereal grain-based functional beverages: from cereal grain bioactive phytochemicals to beverage processing technologies, health benefits and product features. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(9), 2404–2431. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1853037>
- Yi, M., Fu, J., Zhou, L., Gao, H., Fan, C., Shao, J., Xu, B., Wang, Q., Li, J., Huang, G., Lapsley, K., Blumberg, J. B., & Chen, C.-Y. Y. O. O. (2014). The effect of almond consumption on elements of endurance exercise performance in trained athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 11–18. <https://doi.org/10.1186/1550-2783-11-18>
- Yohannessen, K., Alvarado, S., & Vergara, V. (2024). ¿Cómo leer y generar publicaciones científicas? Significancia clínica y significancia estadística. ¿Qué es más significativo? Clinical significance and statistical significance. What is more significant? *Neumol Pediatr*, 19(2), 41–45. <https://doi.org/10.51451/np.v19i2.583>
- Yuan, T., Rafizadeh, S., Gorrepati, K. D. D., Lupse, B., Oberholzer, J., Maedler, K., & Ardestani, A. (2017). Reciprocal regulation of mTOR complexes in pancreatic islets from humans with type 2 diabetes. *Diabetologia*, 60(4), 668–678. <https://doi.org/10.1007/S00125-016-4188-9>
- Zagolin, M., María Trujillo, LuZ, Villanueva, S., ruiZ, M., Von oeTinger, aSTrid, & Portales Santiago, D. (2020). Test cardiopulmonar: una herramienta de utilidad

- diagnóstica y pronóstica. In *Rev Med Chile* (Vol. 148).
- Zamudio-Flores, & et al. (2015). Digestibilidad in vitro y propiedades térmicas, morfológicas y funcionales de harinas y almidones de avenas de diferentes variedades. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*.
- Zeng, Z., Jendricke, P., Centner, C., Storck, H., Gollhofer, A., & König, D. (2020). Acute Effects of Oatmeal on Exercise-Induced Reactive Oxygen Species Production Following High-Intensity Interval Training in Women: A Randomized Controlled Trial. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, *10*(1), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ANTIOX10010003>
- Zuniga, J. M., Housh, T. J., Camic, C. L., Bergstrom, H. C., Traylor, D. A., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2012). Metabolic parameters for ramp versus step incremental cycle ergometer tests. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism*, *37*(6), 1110–1117. <https://doi.org/10.1139/H2012-098>

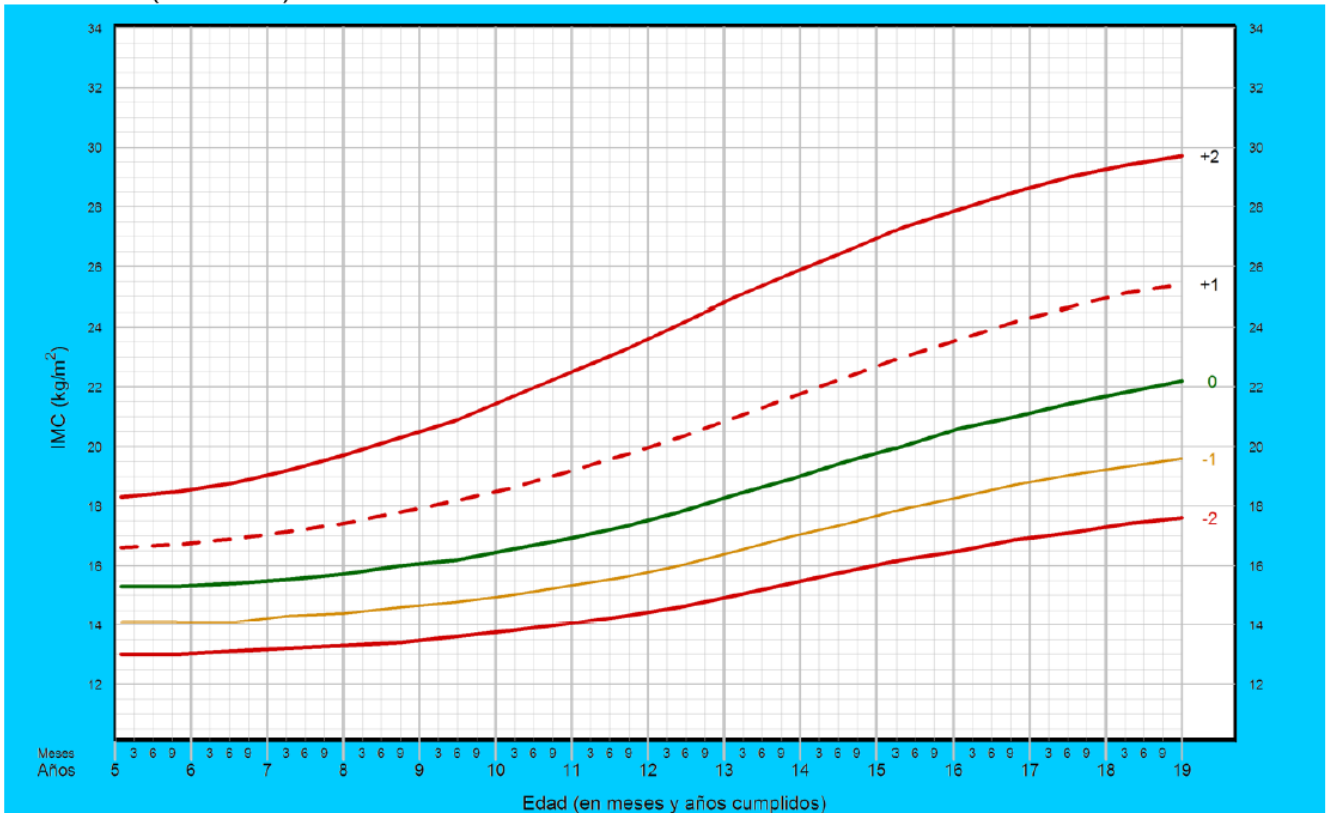
ANEXOS

Anexo 1. CURVAS DE CRECIMIENTO PARA POBLACIÓN COLOMBIANA MASCULINA DE EDADES 5 A 17 AÑOS



IMC para la Edad Niños

Puntuación Z (5 a 17 años)



Fuente: Resolución 2465 de 2016. Ministerio de Salud y Protección Social. Gobierno de Colombia.

Anexo 2. CONSENTIMIENTO Y ASENTIMIENTO INFORMADO

CONSENTIMIENTO INFORMADO MENOR DE EDAD

[Ciudad], [fecha]

Señores

(PADRES DE FAMILIA o ACUDIENTE LEGAL)

Ciudad

Cordial saludo.

Por medio del presente documento me permito solicitar su autorización y consentimiento para la participación de su hijo(a) o custodiado en el proyecto de investigación:

ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN: “Efectos Del Consumo De Bebidas Comerciales Vegetales Previo A Un Esfuerzo Físico De Resistencia Sobre El Rendimiento De Ciclistas Juveniles Masculinos Altamente Entrenados”.

Avalado institucionalmente y reconocido por el comité de ética de facultad de Medicina de la Universidad Nacional de Colombia. Dicho proyecto cuenta con las siguientes características:

DESCRIPCIÓN GENERAL

Dado el aumento en la demanda de opciones de alimentación que no involucren el consumo de alimentos de origen animal por motivos éticos, morales y religiosos, entre otros aspectos, así como el aumento de intolerancias a alimentos de origen animal, se busca identificar posibles mejoras en el rendimiento deportivo de ciclistas altamente entrenados, a través del consumo de bebidas vegetales antes de un esfuerzo físico de resistencia. Esto permitiría ampliar el abanico de opciones de alimentación disponibles y personalizar aún más el acercamiento nutricional y dietético de cada ciclista.

Se sabe que los carbohidratos son una fuente importante de energía durante el ejercicio de alta intensidad y larga duración. Además, las bebidas vegetales han ganado popularidad como alternativas a la leche y bebidas deportivas convencionales debido a su contenido nutricional y sus propiedades saludables.

Varios estudios han examinado el efecto de la ingesta de carbohidratos en bebidas deportivas convencionales en el rendimiento físico en atletas. Sin embargo, existe una falta de investigación sobre el efecto específico de los carbohidratos presentes en una bebida vegetal en el rendimiento físico de los ciclistas altamente entrenados previo al entrenamiento o actividad física.

En aras de aportar nueva información que permita establecer de manera más clara el papel e influencia de las bebidas vegetales en el rendimiento de deportistas competitivos y altamente entrenados en deportes de resistencia, la propuesta de investigación presentada busca evaluar la respuesta a la ingesta de bebidas bebida vegetal en el rendimiento de ciclistas colombianos de resistencia de altamente entrenados para así responder a la pregunta de investigación ¿Cuál es el efecto del consumo de carbohidratos presentes en una bebida vegetal en comparación con un placebo, una hora previo a un esfuerzo físico de resistencia a alta intensidad, en el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados?

Los resultados de la presente investigación tendrán implicaciones importantes para la nutrición y el entrenamiento de deportistas de resistencia. Los resultados pueden ayudar a los atletas y entrenadores a determinar la mejor estrategia de nutrición para maximizar el rendimiento en la actividad física de resistencia. Además, los resultados también pueden ser relevantes para los profesionales de la salud que trabajan con deportistas de resistencia para diseñar planes de nutrición y entrenamiento más adecuados

OBJETIVO DEL ESTUDIO

Evaluar el efecto del consumo de carbohidratos presentes en la bebida vegetal en comparación con un placebo, una hora previo a un esfuerzo físico de resistencia de alta intensidad, en el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados en la ciudad de Bogotá.

¿POR QUÉ SU HIJO(A) O CUSTODIADO FUE ELEGIDO PARA PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO?

Es considerado para este estudio, ya que se necesitan para el mismo ciclistas altamente entrenados colombianos del sexo masculino, en la ciudad de Bogotá. Su hijo o custodiado es candidato ya que cuanta con al menos dos años de vida deportiva en el alto rendimiento y compite de manera periódica en el año (mínimo tres competencias), entrena al menos 15 horas a la semana y no presenta condiciones de salud adversas que limiten su participación, ya sean enfermedades cardiovasculares, óseas, renales o lesiones en curso.

RIESGOS Y BENEFICIOS

Beneficios

El estudio por realizar ha demostrado de manera general seguridad en los componentes de la salud y bienestar físico y mental de los individuos.

Con su participación en el presente estudio se encontrarán beneficios como:

- Información sobre su aptitud y 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, frecuencia cardiaca y gasto energético.
- Ser parte del primer estudio en Colombia en el que se evalúa el efecto de bebida vegetal en el rendimiento en deportes de resistencia.
- Contribuir en la construcción de conocimiento aplicado a ciclistas de resistencia y al conocimiento de la fisiología y las variables de rendimiento de los deportistas en Colombia.
- Contribuir al aumento de la investigación en el área de la nutrición deportiva y en la construcción de guías de práctica profesional

Riesgos

Dentro de los riesgos potenciales del suministro de las bebidas a evaluar se ha encontrado la presencia de síntomas como malestar gastrointestinal (sensación de llenura estomacal) y mareo; aunque estos son raros y dependen de la concentración, además de la individualidad de cada deportista. También en caso de tener una enfermedad como diabetes mellitus, insuficiencia renal de cualquier grado o enfermedades cardiovasculares el consumo de las bebidas no es recomendado, al igual que si se cuenta con intolerancias al gluten o enfermedad celiaca o similares.

Con relación a las pruebas de esfuerzo a realizar se pueden presentar síntomas como dolor osteomuscular, dolos en el tórax o dificultad para respirar, sensación de fatiga prolongada. También involucran un riesgo de sufrir lesiones durante su ejecución, inclusive, eventos potencialmente fatales como arritmias o infarto agudo de miocardio. Estos riesgos, aunque bajos, se han estimado en cerca de un por 100.000 test máximos, hasta un por 2500 test máximos en pacientes que han sufrido un infarto anterior.

En cuanto a las pruebas bioquímicas, es posible experimentar dolor localizado enrojecimiento y/o la aparición de hematomas (moretones) en la zona de toma de muestra para la prueba de glucosa en sangre y lactato.

¿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 total de 8 semanas (4 sesiones en total). Se le pedirá asistir solamente un día por 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. En la **primera sesión**, se le realizará una prueba de Ergoespirometría
En la **segunda sesión** se le realizarán dos pruebas, en el siguiente orden:

- Test de salto CMJ
- Prueba FTP
- Test de salto CMJ

En la **tercera sesión y cuarta sesión** se le realizarán, después del consumo de una bebida vegetal:

- Encuesta síntomas gastrointestinales
- Test de salto CMJ
- Prueba FTP (con prueba de glucosa y lactato en sangre)
- Test de salto CMJ
- Encuesta síntomas gastrointestinales

Protocolo de cada prueba

- **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 y con zapatos deportivos**, 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 15 segundos.

- **Ergoespirometría (duración 20 min)**

Se requiere que el ciclista pedalee con una carga de trabajo constante durante períodos de trabajo de 1 minuto. Después de cada minuto completo, la carga de trabajo aumenta. La prueba es continua y finaliza cuando el ciclista ya no puede mantener la carga de trabajo requerida. Se considera que es el punto en el que ya no se puede mantener la cadencia deseada o 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.

- **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 segundos 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 como lo es el lavado quirúrgico de manos, uso adecuado de guantes quirúrgicos y limpieza de la zona con solución salina. 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 Accu Check Active, y se tomarán muestras a los 0, 15 y 30 min durante la prueba. Mientras que, para el lactato, se usará un dispositivo EKF Lactate Scout 4 y se le tomarán las muestras al finalizar la prueba y en los minutos 3, 5 y 7 de recuperación.

- **Bebida**

Para cada asistencia de la **tercera y cuarta sesión**, una hora antes de iniciar, se le suministrará una bebida vegetal de 625 ml entre las dos opciones del estudio, que es apta y completamente segura para su consumo, ni usted ni los investigadores sabrán cuál tipo de bebida estará consumiendo, esto será conocimiento de una tercera persona, en aras de reducir los posibles sesgos en el proceso de suministro de la bebida.

- **Encuesta síntomas gastrointestinales**

Antes y 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.

- **Consideraciones nutricionales**

Una vez terminada cada prueba, los deportistas consumirán un refrigerio de reposición que consta de: leche achocolatada, fruta, sándwich de jamón y queso, con el objetivo de reponer glucógeno hepático y muscular, reponer líquidos y promover la recuperación muscular.

GARANTÍAS DE 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.

DOCUMENTO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

- Comprendida la información, se le preguntará si desea participar del estudio. En caso afirmativo, deberá firmar este documento y recibirá una copia.

ACEPTACIÓN

Nosotros: _____, identificado(a) con la cédula de ciudadanía número _____ de _____, en calidad de responsable legal, y _____, identificado(a) con la cédula de ciudadanía número _____ de _____, en calidad de responsable legal, de _____, SI NO autorizo que participe en el estudio denominado "Efectos del consumo de carbohidratos presentes en bebidas vegetales previo a un esfuerzo físico de resistencia y su impacto en el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados", deseamos manifestar a través de este documento, que fuimos informados suficientemente y comprendemos la justificación, los objetivos, los procedimientos y las posibles molestias y beneficios implicados en la participación de nuestro hijo(a), en el proyecto de investigación

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 "Efectos del consumo de carbohidratos presentes en bebidas vegetales previo a un esfuerzo físico de resistencia y su impacto en el rendimiento de ciclistas juveniles masculinos altamente entrenados" para:

- 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.

Acepto ___ No acepto___.

En constancia de lo anterior, firmo el presente documento, en la ciudad de _____, el día _____, del mes _____ de _____,

Nombres y Apellidos _____
 Documento de identidad _____
 Medio de contacto _____

Firma _____

Nombres y Apellidos _____
 Documento de identidad _____
 Medio de contacto _____

Firma _____

ESPACIO RESERVADO PARA EL INVESTIGADOR

En nombre del estudio “Efectos Del Consumo De Bebidas Comerciales Vegetales Previo A Un Esfuerzo Físico De Resistencia Sobre El Rendimiento De Ciclistas Juveniles Masculinos Altamente Entrenados”, en el tiempo hasta el agotamiento y en la potencia aeróbica máxima de ciclistas colombianos de resistencia.”, me comprometo a guardar la identidad de _____ como participante. Acepto su derecho a conocer el resultado de todas las pruebas realizadas y a retirarse del estudio a su voluntad en cualquier momento. Me comprometo a manejar los resultados de esta evaluación de acuerdo con las normas para la realización de investigación en Colombia (Resolución 8430 de 1993 y Resolución 2378 de 2008) y la ley para la protección de datos personales (Ley estatutaria 1581 de 2012).

Nombres y Apellidos _____ Documento de identidad _____ de

Firma _____
 Fecha _____

¿INFORMACIÓN O PREGUNTAS ADICIONALES?

Si en algún momento desea obtener información adicional sobre el estudio puede contactar a: Andres Julián Plazas Gómez. Nutricionista Dietista, estudiante de tercer semestre de la maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física,

Celular de contacto: --- --- ----

Correo electrónico:

**Concepto-Comité de Bioética de la investigación de la facultad de medicina de la universidad Nacional:
 Avalado**

Anexo 2.1 ASENTIMIENTO INFORMADO

La Universidad Nacional de Colombia, la facultad de Medicina de la sede Bogotá y el programa de Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física le invitan a participar en el proyecto de investigación: “Efectos Del Consumo De Bebidas Comerciales Vegetales Previo A Un Esfuerzo Físico De Resistencia Sobre El Rendimiento De Ciclistas Juveniles Masculinos Altamente Entrenados”. Su participación requiere de hacer parte de pruebas de esfuerzo físico en ergoespirómetro, en simulador y el plataforma de salto, además de seguimiento de ingesta y medidas antropométricas, lo anterior de manera anónima y confidencial, cada prueba o procedimiento constan de duraciones distintas que pueden estar entre los 10 hasta los 45 minutos aproximadamente cada una dependiendo su naturaleza. 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, útiles para usted como deportista y su grupo trabajo y formación, como para nosotros como investigadores. La administración de los procedimientos y pruebas se realizará en las instalaciones del laboratorio de fisiología de la universidad U.D.C.A y en la sede de entrenamiento dispuesta por su grupo de trabajado en el municipio de Tocancipá.

Su participación en este estudio es completamente voluntaria, si en algún momento se negara a participar o decidiera retirarse, esto no le generará ningún problema, ni tendrá consecuencias a nivel legal, institucional, académico o social.

El equipo de investigación que dirige el estudio lo conforma: Andres Julián Plazas Gómez Nutricionista Dietista, estudiante de tercer semestre de la maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física, de la Universidad Nacional de Colombia y el Metodólogo del Deporte Diego Melgarejo de la Universidad U.D.C.A.

La información suministrada por mí **será confidencial**. Los resultados podrán ser publicados o presentados en reuniones o eventos con fines académicos sin revelar mi nombre o datos de identificación. Se mantendrán los cuestionarios, registros, evidencias y resultados en un sitio seguro. En bases de datos, todos los participantes serán identificados por un código que será usado para referirse a cada uno con el fin de salvaguardar la identidad del participante.

Así mismo, declaro que fui informado suficientemente y comprendo que tengo derecho a recibir respuesta sobre cualquier inquietud que tenga sobre dicha investigación, antes, durante y después de su ejecución; que tengo el derecho de solicitar los resultados de los cuestionarios y pruebas que conteste durante la misma. Considerando que los derechos que tengo en calidad de participante de dicho estudio, a los cuales he hecho alusión previamente, constituyen compromisos del equipo de investigación responsable del mismo, me permitimos informar que asiento, de forma libre y espontánea, mi participación en el mismo.

En constancia de lo anterior, firmo el presente documento, en la ciudad de _____, el día _____, del mes _____ de _____,

Nombres y Apellidos _____

Documento de identidad _____

Firma _____

Investigador principal

Andres Julián Plazas Gómez

Universidad Nacional de Colombia

Teléfono: --- --- ----

Correo electrónico:

Anexo 3. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE PRUEBA EN CAMPO

Formulario de recolección de datos de prueba en campo.
 Universidad Nacional de Colombia.
 Sede Bogotá.
 Facultad de Medicina.
 Departamento de Movimiento Corporal Humano.
 Maestría en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física.

Nombre del participante: _____
 Edad (años) : _____
 Estatura (metros) : De pie: _____
 Peso (Kg): _____
 Índice de masa corporal (IMC en kg/m²): _____

Prueba

Nombre de la prueba: _____
 Lugar de prueba: _____
 Hora de inicio de la prueba: _____
 Altura sillín: _____
 Cadencia (resistencia elegida entre 75-100 rpm): _____
 Tiempo total de prueba: _____

Ergoespirometría (CPET)

- VO₂ máx: _____
- Ventilación por minuto (VE): _____
- Tasa de producción de CO₂: _____
- Carga máxima (en watts): _____
- Cociente respiratorio (VCO₂ / VO₂): _____
- Umbral anaeróbico (UA): _____

FTP

- Potencia Máxima: _____
- Potencia Media: _____
- Frecuencia Cardíaca (FR): _____
- Distribución de zonas durante la prueba y tiempo en la prueba:

○ _____

Esfuerzo percibido por escala de Borg (6 – 20)

- Inicio de prueba (1ros 15 minutos): _____
- Mitad de prueba (30- 40 minutos en la prueba): _____
- Final de prueba (al completar los 60 minutos): _____

CMJ

Salto 1

- Tiempo de vuelo _____
- Altura _____
- Velocidad _____

Salto 2

- Tiempo de vuelo _____
- Altura _____
- Velocidad _____

Salto 3

- Tiempo de vuelo _____
- Altura _____
- Velocidad _____
- Salto 4**
- Tiempo de vuelo _____
- Altura _____
- Velocidad _____
- Salto 5**
- Tiempo de vuelo _____
- Altura _____
- Velocidad _____

Sensaciones de la prueba: _____

Bebida

Código de bebida consumida: _____

Hora de consumo: _____

Cantidad consumida: _____

Observaciones o comentarios del sujeto sobre la bebida al momento del consumo: _____

Sensaciones percibidas a nivel gastrointestinal durante y posterior a la prueba. (Momento de ejecución posterior a la prueba, las sensaciones incluyen cualquier molestia o incomodidad experimentada):

Glucosa en Sangre

Previo a prueba: _____

Minuto FTC

- 5 _____
- 10 _____
- 15 _____
- 20 _____

Lactato en Sangre

Previo a prueba: _____

Minuto FTC

- 5 _____
- 10 _____
- 15 _____
- 20 _____

Nombre del Evaluador: _____

Cargo del Evaluador: _____

Firma del Evaluador: _____

Anexo 4. FORMULARIO DE RECOLECCIÓN Y CALCULO DE RECORDATORIO DE 24 HORAS

		Aporte nutricional promedio del intercambio										
		Intercambios	Energía (Kcal)	Proteína (g)	Grasa total (g)	Carbohidratos (g)	Fibra Dietaria (g)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Vitamina A (ER)	Vitamina C (mg)
Grupo I Cereales, raíces, tubérculos y plátanos	Subgrupo I Cereales		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II Raíces		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo III Tubérculos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo IV Plátanos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo II Frutas y verduras	Subgrupo I Frutas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II Verduras		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo III Leche y productos lácteos	Subgrupo I-A Leche entera		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II-A Productos lácteos grasa entera		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo I-B Lácteos con reducción de grasa		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II-B Productos lácteos con reducción de grasa		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo IV Carnes, huevos, leguminosas secas, frutos secos y semillas	Subgrupo I-A Carnes magras crudas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo I-B Productos altos en grasas saturadas y colesterol		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II Huevos		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo III Leguminosas secas cocidas y mezclas vegetales cocidas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo IV Frutos secos y semillas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo V Grasas	Subgrupo I Grasas poliinsaturadas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II Grasas monoinsaturadas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo III Grasas Saturadas		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grupo VI Azúcares	Subgrupo I Azúcares simples		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Subgrupo II Dulces y postres		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Requerimientos			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adecuación			#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!

Fuente: Elaboración propia en base a Tabla de composición de alimentos de Colombia del ICBF 2015 y 2018

Anexo 5. FLYER DE APOYO PARA RESTRICCIONES ALIMENTARIAS

Restricciones

Obligatorias




✘		Cereales con Glúten	NO CONSUMIR <u>DOS (2) DÍAS ANTES DEL INICIO</u> DE CADA PRUEBA ALIMENTOS GLUTEN Cereales con gluten o posible contaminación por gluten como, trigo, cebada y avena, tanto en hojuelas, como en harina, polvo o bebidas.
✘		Lácteos y derivados	NO CONSUMIR DESDE <u>DOS (2) DÍAS ANTES DEL INICIO</u> DE CADA PRUEBA ALIMENTOS CON LACTOSA Leche, queso, yogurt, kumis, kéfir, margarina, mantequilla, crema de leche, sopas instantáneas, mayonesa, galletas con cubiertas de yogurt, alimentos ultraprocesados que indiquen en sus ingredientes que contengan lácteos (lactosa)
✘		Frutas con alto contenido de fibra soluble	NO CONSUMIR <u>DOS (2) DÍAS ANTES DEL INICIO</u> DE CADA PRUEBA FRUTAS CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA SOLUBLE Cítricos (naranja, mandarina, toronja, lima) Higos, Pera, durazno, manzana, guayaba, banano Pueden reemplazar con: Frutas: Fresas, patilla, melón, uvas, papaya, pitaya. Vegetales y hortalizas de todo tipo Frutos secos: Almendras, avellanas, maní, pistacho, piñón, marañón, semillas de chía, calabaza, girasol
✘		Carbohidratos en el día de la prueba	NO CONSUMIR DURANTE TODO EL DÍA ANTES DE SU PRUEBA Cualquier tipo de carbohidrato Alimentos con lactosa (descritos anteriormente), agua de panela, chocolate, frutas, avena, pan, arroz, pasta, frijol, garbanzo, lentejas, arvejas, papa, plátano, yuca, arracacha, remolacha productos de panadería, verduras altas en carbohidratos (ahuyama, zapallo, habas, remolacha, zanahoria).

Fuente: Elaboración propia. 2024.

Anexo 6. FLYER's DE APOYO PARA CITACIÓN DE CICLISTAS A PRUEBAS

Pruebas "Fecha, día y mes"

Deden Cumplir las Restricciones de Manera Obligatoria



DÍA 01

Recordar !

Llevar bicicleta, zapatillas, banda cardiaca, ciclo computador, bebida (SOLO AGUA), toalla.
Deben disponer de 2 horas para toda la prueba. Será llevada a cabo en Tocancipá.
Puntualidad !

Nombre y Apellido - 12 m
Nombre y Apellido - 1 pm
Nombre y Apellido - 2 pm
Nombre y Apellido - 3 pm

Tomar Foto de lo consumido antes de la prueba y enviarla



Fuente: Elaboración propia. 2024.

¡ Indicaciones Importantes !

Día de prueba

**Deben ser
Cumplidas
por
Completo**



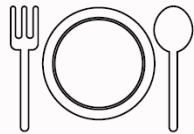
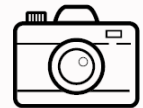
Uno a dos días antes de la prueba pueden consumir fuentes de carbohidratos a gusto entre tubérculos, raíces y plátanos, y granos como lentejas, frijoles o garbanzos.



El día que tengan prueba deben seguir el menú que se les indico (el menú les da ideas de qué consumir **POR FAVOR** no consuman cosas que no están allí)



Deben tomar **EVIDENCIA** de lo consumido en el día (fotos de cada tiempo de comida que tengan antes de la prueba desayuno, almuerzo, onces, nueves, refrigerio, etc)



Menú Guía

Día con prueba

Desayuno

Café o té sin leche, aromática , huevos (2-4 unidades según gusto y apetito), aguacate, jamón/tocineta, caldo de costilla o pollo SIN PAPA

No consumir productos de panadería, repostería o galletería



Media Mañana

Frutos secos sin uvas pasas o arándanos (almendras, nueces, avellanas, maní, semillas de chía, girasol, marañón)

Cantidad o tamaño de porciones. LA QUE QUIERAN.



Almuerzo

Proteína (pollo, res, pescado, atún, sardinas, cerdo, huevo), aguacate, ensalada de vegetales mixtos al gusto con vinagreta si lo desean, vegetales y verduras cocinadas (acelga, espinaca, calabacín), bebida (café sin leche, té, aromática, agua)

Tomar Foto de lo consumido y enviarla



Media tarde

Frutos secos sin uvas pasas o arándanos (almendras, nueces, avellanas, maní, semillas de chía, calabaza, girasol, marañón)

Preferiblemente, NO ENTRENAR EL DÍA DE LA PRUEBA



Anexo 7. OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

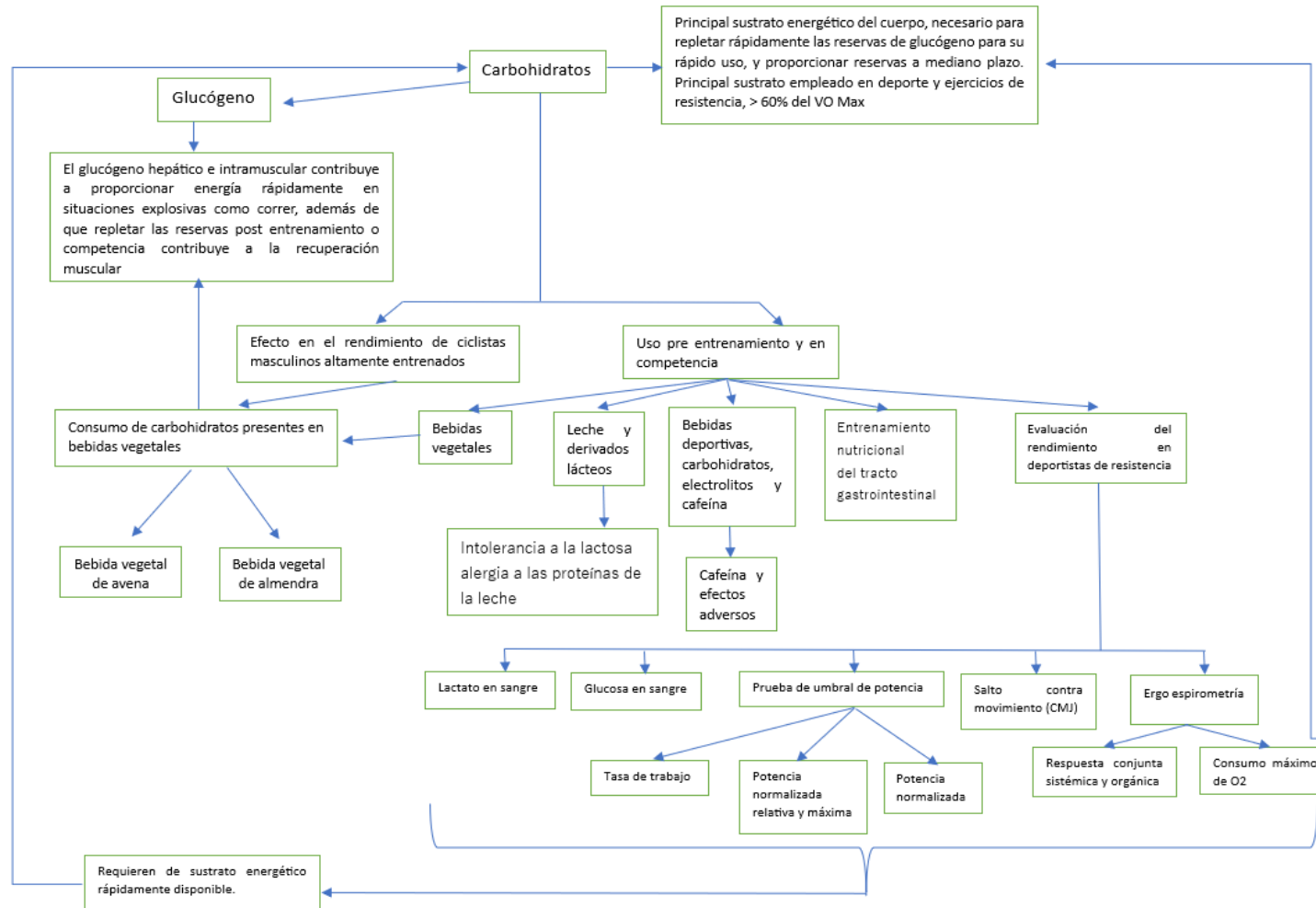
Variable	Tipo	Definición Conceptual	Operacionalización	Indicadores	Instrumento / Unidad de Medida	Valor
Ingesta de bebidas vegetales	Independiente / Cualitativa Nominal	Bebida vegetal consumida por el participante	Bebida vegetal de avena.	Volumen o cantidad	Registro de consumo alimentario o cuestionario de frecuencia de consumo / mililitros (ml)	NA
Dosis de las bebidas vegetales	Interviniente / Cuantitativa continua	Cantidad de bebida vegetal de avena o almendra, consumida por el participante	Bebida vegetal de avena o almendra	Volumen o cantidad	Registro de consumo alimentario o cuestionario de frecuencia de consumo / mililitros (ml)	625 ml
Consumo de oxígeno máximo (VO₂ máx)	Control	Capacidad máxima de transporte y utilización de oxígeno durante el ejercicio	Mayor captación de oxígeno durante un ejercicio físico, visto gráficamente como una meseta de VO ₂ máximo durante una prueba de ergo espirometría.	Consumo de oxígeno	Ergo espirometría o prueba de ejercicio con análisis de gases respiratorios / (ml/min/kg)	Hombres sedentarios 20-40 años =35-45 ml/kg/min Mujeres sedentarias 20-40 años=30-40 ml/kg/min
Tiempo de ingesta	Interviniente / Cuantitativa continua	Período determinado durante el que se realiza un consumo	Tiempo ideal de ingesta bebida vegetal previo al esfuerzo físico	Tiempo	Minutos (min)	60 minutos antes de la prueba
Tasa de Trabajo	Dependiente / Cuantitativa continua	Unidad de energía que mide cuánto trabajo se realiza en una cantidad de tiempo determinada.	Medida de la cantidad total de energía gastada durante un recorrido o entrenamiento. Se calcula sumando todos los vatios generados durante un recorrido y dividiéndolos entre 1000.	Medida de la cantidad total de energía gastada durante una sesión.	Kilojulios (kJ)	NA
Potencia Relativa	Dependiente / Cuantitativa continua	Relación entre la dosis de un estándar de referencia y la dosis de una muestra de prueba que produce la misma respuesta biológica	Cantidad de vatios por kilogramo que un ciclista genera al pedalear en un recorrido o entrenamiento determinado	Medida de la cantidad de vatios por kilogramos durante una sesión	Vatios por kilogramo (w/Kg)	6-10 w/Kg en ciclistas entrenados
Potencia Normalizada	Dependiente / 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)	Generación de potencia medida por Watts	Vatios (W)	200-300 W en ciclistas entrenados
Potencia Máxima	Dependiente / Cuantitativa continua	Potencia máxima obtenida suponiendo un pedaleo de forma constante durante una carrera	Potencia máxima obtenida durante la prueba de Umbral de Potencia Funcional (FTP)	Generación de potencia medida por Watts	Vatios (W)	400-600 W rango promedio en ciclistas entrenados

Factor de Eficiencia	Dependiente / Cuantitativa continua	Es una relación entre un valor esperado y una medida de rendimiento. Se puede utilizar en diferentes contextos, como en finanzas, en el entrenamiento deportivo o en la maquinaria	Relación entre la potencia normalizada y la frecuencia cardíaca para una actividad determinada	Medida de la relación de frecuencia cardíaca promedio y la potencia normalizada	Frecuencia cardíaca/potencia normalizada (lpm/w)	NA
Umbral Anaeróbico (AT)	Interviniente / Cuantitativa continua	Punto en el cual el metabolismo se vuelve predominantemente anaeróbico durante el esfuerzo de carrera, generando un incremento del lactato en el plasma sanguíneo.	Incremento de lactato en sangre medido a través de una prueba de ergo espirometría y prueba específica con tirillas para lactato.	Umbral anaeróbico, medida por nivel de lactato en plasma sanguíneo.	mmol/L	Entre el 80% y el 90% de la frecuencia cardíaca máxima >2 mmol/l
Nivel de lactato en sangre	Dependiente / Cuantitativa continua	Medición del nivel o concentración de ácido láctico en sangre	Medición del nivel o concentración de ácido láctico durante diferentes intensidades del ejercicio	Nivel de lactato en plasma sanguíneo.	mmol/L	1-1.5 mmol/L en personas sanas, entrenadas y en reposo 2-4 mmol/L en fase de transición >4 mmol/L en fase anaerobia 10-20 mmol/L en esfuerzo máximo, depende del deportista, metas y tipo de actividad entre otros factores
Nivel de glucosa en sangre	Dependiente / Cuantitativa continua	Medición del nivel o concentración de glucosa en sangre	Medición del nivel o concentración de glucosa durante diferentes intensidades del ejercicio	Nivel de glucosa en plasma sanguíneo.	mg/dL	< 100 mg/dL Normal en ayunas < 140 mg/dL Normal 2 horas post carga
Tasa de intercambio respiratorio (RER)	Interviniente / Cuantitativa continua	Relación entre el dióxido de carbono producido y el oxígeno consumido durante el esfuerzo de carrera	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.	$RER = VCO_2 / VO_2$	NA	-1.0 = oxidación carbohidratos -0,8 = oxidación proteínas 0,7 = oxidación grasas
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 por minuto	latidos/min (lpm)	Personas entrenadas: 40-60 lpm
Altura de salto	Interviniente / Cuantitativa continua	Altura en centímetros del salto CMJ medida desde la plataforma de salto hasta la base de los pies en el aire con las piernas extendidas	Altura máxima obtenida en centímetros	Altura en centímetros	Centímetros (cm)	NA
Tiempo de vuelo	Interviniente / Cuantitativa continua	Tiempo de vuelos en milisegundos del salto CMJ medida desde el momento de despegue hasta el aterrizaje	Tiempo máximo de vuelo en milisegundos	Tiempo milisegundos	Milisegundo (ms)	NA

Velocidad de salto	Interviniente / Cuantitativa continua	Velocidad del salto CMJ medida desde el momento de despegue hasta el aterrizaje	Velocidad máxima de salto al despegar	Velocidad en metros sobre segundos	Metros sobre segundos (m/s)	NA
Peso corporal	Intermedia / 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 o instrumentos de medición de peso como báscula	Medición de peso	Kilogramos (kg)	NA
Talla	Intermedia / Cuantitativa continua	Medida de un individuo desde la cabeza hasta los pies.	Altura de un individuo medida mediante el uso de técnicas antropométricas	Medición de talla	Centímetros (cm)	NA
IMC	Intermedia / Cuantitativa continua	Relación entre el peso de un individuo con su talla	Valor obtenido de la relación entre peso/talla ²	Relación talla / peso	kg/m ²	Bajo peso < 18,5 Eutrófico 18,5 – 24,9 Sobre peso 25 – 29,9 Obesidad > 30
Síntomas gastrointestinales	Intermedia / Cuantitativa continua	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)	Toma de datos expresados por el participante en relación a síntomas GI presentados	NA	1=Con algún síntoma gastrointestinal 0= Sin ningún síntoma gastrointestinal

Fuente: Elaboración propia. 2024.

Anexo 8. MAPA CONCEPTUAL MARCO TEÓRICO



Fuente: Elaboración propia. 2024.

Anexo 9. TABLAS Y GRÁFICOS ADICIONALES DE PRUEBA CMJ PARA ALTURA Y VELOCIDAD

Tabla 31. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Altura

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosInicio	Bebidas	2	1.6	0.814	0.045	0.96
	Residuales	117	2139.6	18.287		

Tabla 32. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Altura

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
SaltosInicio	AL-B	-0.270	-2.53998	1.999984	0.95702
	AV-B	-0.055	-2.32498	2.214984	0.99818
	AV-AL	0.215	-2.05498	2.484984	0.97252

Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Tabla 33. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Altura

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosFinal	Bebidas	2	25.6	12.78	0.484	0.62
	Residuales	117	3088.2	26.39		

Tabla 34. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Altura

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
SaltosFinal	AL-B	0.965	-1.76215	3.692146	0.67898
	AV-B	0.993	-1.73465	3.719646	0.66403
	AV-AL	0.028	-2.69965	2.754646	0.99968

Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Tabla 35. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas sin Bebidas en Altura

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosFinal	SaltosInicio	1	2254.7	2254.7	309.700	<2e-16
	Residuales	118	859.1	7.3		

Figura 18. Gráficos de cajas y Bigotes de prueba CMJ saltos iniciales y finales en Altura

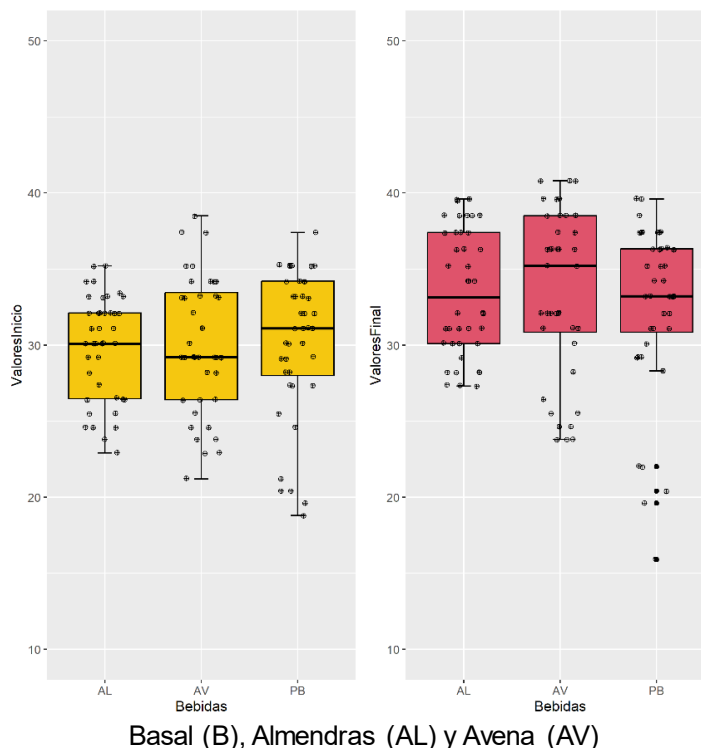


Tabla 36. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Velocidad

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosInicio	Bebidas	2	0.001	0.000422	0.013	0.99
	Residuales	117	3.685	0.031493		

Tabla 37. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Iniciales comparadas con Bebidas en Velocidad

TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado

SaltosInicio	AL-B	-0.006	-0.09995	0.088451	0.988492
	AV-B	0.000	-0.09445	0.093951	0.999978
	AV-AL	0.006	-0.0887	0.099701	0.989466

Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

Tabla 38. . Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Velocidad

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosFinal	Bebidas	2	0.066	0.03304	0.773	0.46
	Residuales	117	5	0.04273		

Tabla 39. Prueba TUKEY para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas con Bebidas en Velocidad

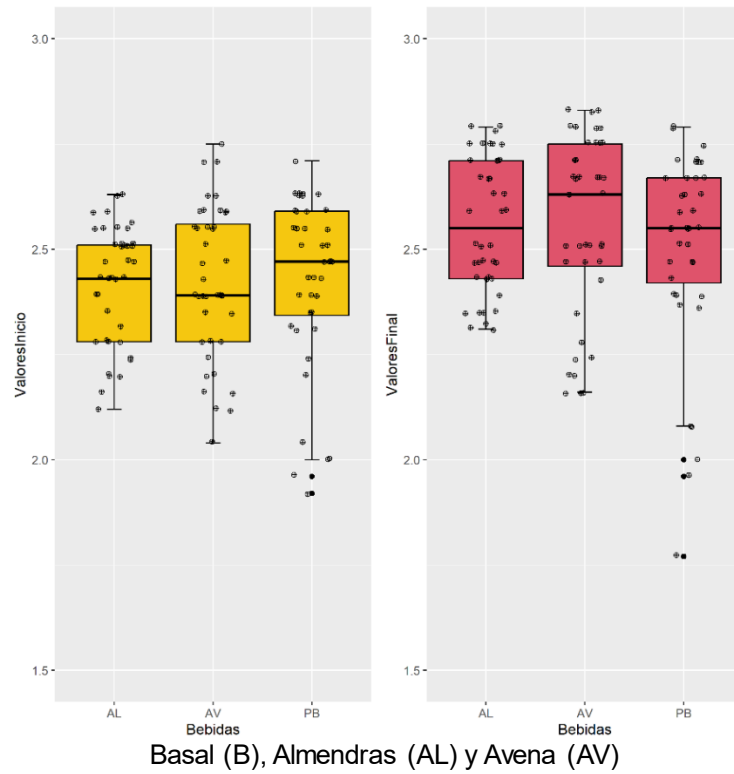
TUKEY					
Variable	Comparación	Diferencia de medias	Límite inferior	Límite superior	Valor p ajustado
SaltosFinal	AL-B	0.051	-0.05898	0.16048	0.517265
	AV-B	0.049	-0.06098	0.15848	0.544087
	AV-AL	-0.002	-0.11173	0.10773	0.998968

Basal (B), Almendras (AL) y Avena (AV)

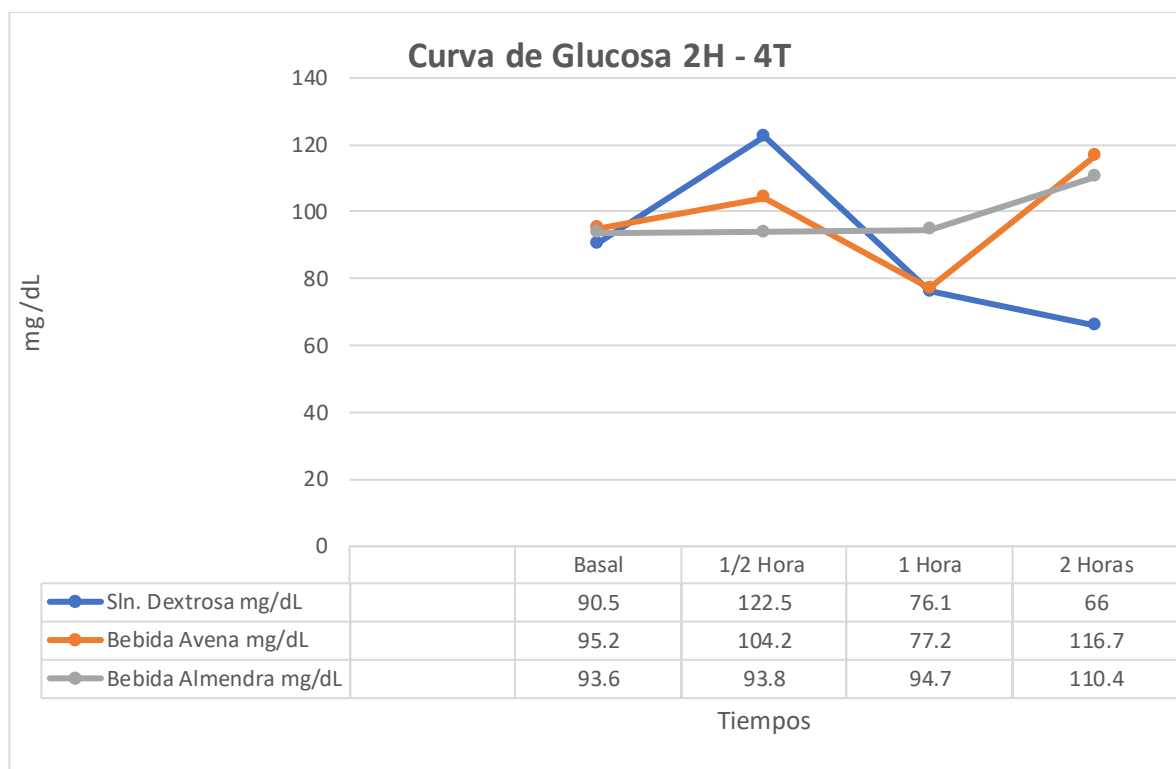
Tabla 40. Prueba ANOVA para la prueba CMJ de Saltos Finales comparadas sin Bebidas en Velocidad

ANOVA						
Variable	Comparación	Grados de libertad	Suma de los cuadrados	Cuadrados promedio	Valor de F	Valor p del estadístico F
SaltosFinal	SaltosInicio	1	3.698	3.698	318.900	<2e-16
	Residuales	118	1.368	0.012		

Figura 19. Gráficos de cajas y Bigotes de la prueba CMJ para saltos iniciales y finales



Anexo 11. CURVAS DE GLUCOSA DE 2 HORAS DE 4 TOMAS.



- Curvas de glucosa tomadas en el mismo sujeto, en ayunas, en el mismo horario con una carga de 50 g de carbohidratos por bebida, con 5 días de diferencia para garantizar completa eliminación de la carga en el sistema del individuo entre cada prueba. Un volumen final de 196 ml para la solución de dextrosa y agua, 1042 ml para la bebida de avena y 1300 ml para la bebida de almendra. Pruebas realizadas en las instalaciones de laboratorios IDIME en Bogotá.
- El volumen final para la prueba de curva de glucosa de las bebidas de avena y almendra se determinó en base al contenido de carbohidratos por cada 100 ml de cada bebida proporcionado por cada productor en el mismo envase del producto y la densidad relativa de cada líquido, determinada por medio del método de picnometría, en el laboratorio independiente y certificado Biotrends en Bogotá, esto previo a las pruebas de curva de glucosa.