



REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

FACULTAD DE POSGRADOS

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN APLICADA Y / O DE DESARROLLO
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

MAGÍSTER EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

TEMA:

DOSIS MÍNIMA EFECTIVA EN LA SUPLEMENTACIÓN CON
CARBOHIDRATOS PARA EL RENDIMIENTO COMPETITIVO EN
MARATONISTAS

AUTOR:

FERNANDA DUTÁN ORTIZ
LUIS ANDRES FLORES

TUTOR:

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID

MILAGRO, 2026

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Yo **Fernanda Gabriela Dután Ortiz** en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedemos los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizado como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación Salud de **Nutrición** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, **3 de septiembre de 2026**



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**FERNANDA GABRIELA
DUTAN ORTIZ**

Fernanda Dután Ortiz

C.I.: 0302647441

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Jinsop David Loayza Montalván**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Fernanda Gabriela Dután Ortiz y Luis Andrés Flores**, cuyo tema es : **DOSIS MÍNIMA EFECTIVA EN LA SUPLEMENTACIÓN CON CARBOHIDRATOS PARA EL RENDIMIENTO COMPETITIVO EN MARATONISTAS**, que aporta a la Línea de Investigación **Nutrición**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Nutrición Deportiva**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 3 de septiembre del 2026



Firmado electrónicamente por:
**JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN**
Validar únicamente con FirmaEC:
0706643434

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID

C.I.: 0706642434

FACULTAD DE POSGRADO
ACTA DE SUSTENTACIÓN
MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintinueve días del mes de julio del dos mil veintise is, siendo las 09:59 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, DRA DUTAN ORTIZ FERNANDA GABRIELA, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **DOSIS MÍNIMA EFECTIVA DE CARBOHIDRATOS PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DURANTE LA MARATÓN: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA en calidad de Vocal; y, Mgtrnyd SOLORZANO IBARRA NATHALIA FERNANDA que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.33
DEFENSA ORAL	38.33
PROMEDIO	96.67
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 11:00 horas



Firmado electrónicamente por:
KEVIN GABRIEL
ARMIJO VALVERDE



Firmado electrónicamente por:
EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
NATHALIA FERNANDA
SOLORZANO IBARRA

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
FERNANDA GABRIEL
DUTAN ORTIZ

MGTRNYD SOLORZANO IBARRA NATHALIA FERNANDA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DUTAN ORTIZ FERNANDA GABRIELA
MAESTRANTE

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los veintinueve días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 09:59 horas, de forma PRESENCIAL comparece el/la maestrante, MED. FLORES LOJA LUIS ANDRES, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **DOSIS MÍNIMA EFECTIVA DE CARBOHIDRATOS PARA OPTIMIZAR EL RENDIMIENTO DURANTE LA MARATÓN: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA EVIDENCIA CIENTÍFICA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc. ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), Mgs. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA en calidad de Vocal; y, Mgtrnyd SOLORZANO IBARRA NATHALIA FERNANDA que actúa como Secretario/a.

Una vez defendido el trabajo de titulación; examinado por los integrantes del Tribunal de Calificación, escuchada la defensa y las preguntas formuladas sobre el contenido del mismo al maestrante compareciente, durante el tiempo reglamentario, obtuvo las siguientes calificaciones:

TRABAJO DE TITULACION	58.33
DEFENSA ORAL	39.00
PROMEDIO	97.33
EQUIVALENTE	EXCELENTE

Para constancia de lo actuado firman en unidad de acto el Tribunal de Calificación, siendo las 11:00 horas.



Firmado electrónicamente por:
KEVIN GABRIEL
ARMIO VALVERDE

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA

MGS. BURGOS GARCIA EMILY GABRIELA
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
NATHALIA FERNANDA
SOLORZANO IBARRA

MGTRNYD SOLORZANO IBARRA NATHALIA FERNANDA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
LUIS ANDRES
FLORES LOJA

FLORES LOJA LUIS ANDRES
MAESTRANTE

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo, en primer lugar, a Dios, por guiarnos y darnos la fortaleza necesaria para culminar esta importante etapa académica y profesional.

A nuestras familias, quienes con su apoyo incondicional, paciencia y motivación constante fueron un pilar fundamental durante todo el proceso de formación y desarrollo de esta investigación.

A todas las personas que forman parte del ámbito deportivo y del atletismo, especialmente a los maratonistas, cuya disciplina, esfuerzo y perseverancia inspiraron la realización de este estudio.

Finalmente, nos dedicamos este logro a nosotros mismos, por la constancia, sacrificio y compromiso demostrados para alcanzar una meta más en nuestra vida profesional.

Agradecimientos

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a la Universidad Estatal de Milagro, por brindarnos la oportunidad de desarrollar nuestra formación académica y profesional dentro del campo de la investigación.

A nuestro tutor de tesis, por su orientación, acompañamiento y conocimientos compartidos durante el desarrollo de este trabajo, contribuyendo significativamente al fortalecimiento académico de la investigación.

A nuestros docentes y compañeros, quienes a lo largo de este proceso aportaron experiencias, enseñanzas y apoyo que enriquecieron nuestra formación profesional.

A nuestras familias y seres queridos, por su comprensión, apoyo emocional y confianza permanente en cada etapa de este camino académico.

Finalmente, agradecemos a la comunidad científica y a los investigadores del área de nutrición deportiva cuyos aportes permitieron fundamentar este estudio sobre suplementación con carbohidratos y rendimiento en maratonistas.

Resumen

La presente investigación analiza la dosis mínima efectiva de carbohidratos para optimizar el rendimiento durante la maratón, considerando la importancia de la disponibilidad energética en pruebas prolongadas de resistencia. El objetivo de esta investigación es analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre la suplementación con carbohidratos durante la competencia en maratonistas, con énfasis en los criterios que permiten aproximar una dosis mínima efectiva asociada a la mejora del rendimiento

El estudio parte de la necesidad de comprender qué rangos de ingesta pueden contribuir al mantenimiento del rendimiento competitivo sin aumentar de forma significativa el riesgo de molestias gastrointestinales. Para ello, se revisó evidencia científica relacionada con la suplementación de carbohidratos en maratonistas y corredores de resistencia, atendiendo variables como dosis en gramos por hora, duración del esfuerzo, nivel competitivo, tipo de carbohidrato, momento de ingesta y tolerancia digestiva.

Los hallazgos muestran que las estrategias de consumo durante la competencia varían principalmente entre 30 y 90 g/h. Las dosis de 30 a 45 g/h resultan más aplicables en corredores recreativos o con menor experiencia en suplementación, mientras que el rango de 45 a 60 g/h representa una alternativa con mayor equilibrio entre aporte energético, sostenimiento del ritmo y tolerancia gastrointestinal en maratonistas entrenados. Por su parte, las dosis superiores a 60 g/h pueden ser útiles en corredores competitivos o avanzados, siempre que exista adaptación previa y entrenamiento intestinal. Se concluye que no existe una dosis universal aplicable a todos los maratonistas. La dosis mínima efectiva debe entenderse como un criterio individualizable, determinado por el perfil del corredor, la duración estimada del evento, la intensidad del esfuerzo, el tipo de carbohidrato utilizado, el fraccionamiento de la ingesta y la presencia o ausencia de síntomas gastrointestinales. En este sentido, la suplementación con carbohidratos puede favorecer el rendimiento cuando se planifica de forma progresiva, se practica durante los entrenamientos y se adapta a las condiciones fisiológicas y competitivas del atleta.

Palabras clave: carbohidratos; maratón; rendimiento deportivo; dosis mínima efectiva; suplementación; tolerancia gastrointestinal

Abstract

This research analyzes the minimum effective dose of carbohydrates to optimize performance during the marathon, considering the relevance of energy availability in prolonged endurance events. The objective of this study is to critically analyze the available scientific evidence on carbohydrate supplementation during competition in marathon runners, with emphasis on the criteria used to estimate a minimum effective dose associated with improved sports performance.

The study arises from the need to identify which intake ranges may contribute to maintaining competitive performance without significantly increasing the risk of gastrointestinal discomfort. To this end, scientific evidence related to carbohydrate supplementation in marathon runners and endurance athletes was reviewed, considering variables such as dose in grams per hour, exercise duration, competitive level, type of carbohydrate, timing of intake, and digestive tolerance.

The findings show that carbohydrate intake strategies during competition mainly range from 30 to 90 g/h. Doses of 30 to 45 g/h are more applicable to recreational runners or those with less experience using supplementation, whereas the range of 45 to 60 g/h represents an alternative with a better balance between energy supply, pace maintenance, and gastrointestinal tolerance in trained marathon runners. In turn, doses above 60 g/h may be useful in competitive or advanced runners, provided there is prior adaptation and gut training.

It is concluded that there is no universal dose applicable to all marathon runners. The minimum effective dose should be understood as an individualizable criterion, determined by the runner's profile, estimated event duration, exercise intensity, type of carbohydrate used, intake distribution, and the presence or absence of gastrointestinal symptoms. In this sense, carbohydrate supplementation may support performance when it is progressively planned, practiced during training, and adapted to the athlete's physiological and competitive conditions.

Keywords: carbohydrates; marathon; sports performance; minimum effective dose; supplementation; gastrointestinal tolerance.

Lista de Tablas

TABLA 1. Variables del estudio	14
TABLA 2. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios. Nota. Elaboración propia basada en la guía PRISMA.	56
TABLA 3: Dosis de carbohidratos medidos en competencia	60
TABLA 4: Variables que modifican la respuesta ergogénica	61
TABLA 5: Criterios para estimar una dosis mínima efectiva	62

Índice / Sumario

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación	5
1.1. Planteamiento del problema	5
1.2. Delimitación del problema	8
1.3. Formulación del problema	9
1.4. Preguntas de investigación	9
1.5. Objetivos	10
1.5.1. Objetivo general	10
1.5.2. Objetivos específicos	10
1.6. Hipótesis o supuesto teórico	10
1.7. Justificación	11
1.8. Declaración de las variables (Operacionalización)	13
TABLA 1. Variables del estudio	14
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial	17
2.1. Antecedentes referenciales	17
2.2. Marco conceptual	26
2.3. Marco teórico	29
2.3.1. Fundamentos fisiológicos del rendimiento en maratonistas	29
2.3.2. Bioenergética de la carrera prolongada: interacción entre carbohidratos y grasas	31
2.3.3. Glucógeno muscular, glucosa sanguínea y mantenimiento de la intensidad competitiva	34
2.3.4. Suplementación con carbohidratos durante la competencia: bases fisiológicas y aplicación deportiva	36
2.3.5. Relación dosis-respuesta: de las dosis moderadas a las ingestas elevadas de carbohidratos	37
2.3.6. Dosis mínima efectiva: aproximación teórica y utilidad en nutrición deportiva	40
2.3.7. Tipo de carbohidrato y transporte intestinal: glucosa, fructosa, maltodextrina y combinaciones múltiples	42
2.3.8. Formas de administración: bebidas, geles, gomitas, hidrogeles y alimentos naturales	44
2.3.9. Tolerancia gastrointestinal como factor limitante del rendimiento y de la suplementación	47
2.3.10. Entrenamiento intestinal y adaptación a la ingesta intraesfuerzo	49
2.3.11. Factores que modifican la respuesta a la suplementación: duración, intensidad, nivel deportivo, ambiente e hidratación	52
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO	54
3.1. Tipo y diseño de investigación	54
3.2. La población y la muestra	55
3.2.1. Criterios de inclusión:	55
3.2.2. Criterios de exclusión:	56
3.3. Los métodos y las técnicas	56
TABLA 2. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios. Nota. Elaboración propia basada en la guía PRISMA.	57
3.4. Procesamiento estadístico de la información	57
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados	59

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados	59
Tabla 3: Dosis de carbohidratos medidos en competencia	61
Tabla 4: Variables que modifican la respuesta ergogénica	62
Tabla 5: Criterios para estimar una dosis mínima efectiva	63
CAPÍTULO V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones	66
5.1. Discusión	66
5.2. Conclusiones	68
5.3. Recomendaciones	70
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

Introducción

El rendimiento en maratonistas constituye un fenómeno multifactorial en el que confluyen la capacidad aeróbica, la economía de carrera, la resistencia muscular, la regulación del ritmo competitivo, la disponibilidad energética y la tolerancia gastrointestinal durante esfuerzos prolongados. En este contexto, la nutrición deportiva ha adquirido una función estratégica, no solo como soporte del estado de salud del atleta, sino como componente directamente relacionado con la capacidad de sostener la intensidad durante la competencia. En la prueba de maratón, especialmente por su duración, demanda metabólica y exigencia de ritmo sostenido, la disminución progresiva del rendimiento no depende únicamente del agotamiento físico general, sino también de la reducción de sustratos energéticos disponibles, de la fatiga neuromuscular acumulada y de la capacidad del organismo para mantener un aporte energético estable durante el esfuerzo. Por ello, estudiar la suplementación con carbohidratos en maratonistas resulta pertinente dentro de la nutrición deportiva contemporánea, especialmente cuando se busca comprender qué cantidad puede ser suficiente, útil y tolerable durante la competencia (Braschler et al., 2025; Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

Los carbohidratos representan uno de los sustratos más relevantes durante el ejercicio prolongado de intensidad moderada a alta, debido a su participación en el mantenimiento de la glucosa sanguínea, la preservación relativa del glucógeno muscular y hepático, y la producción rápida de energía en comparación con otros sustratos. Aunque las grasas contribuyen de manera importante al metabolismo energético en esfuerzos de larga duración, la dependencia de carbohidratos aumenta cuando la intensidad competitiva se eleva, cuando el corredor necesita sostener cambios de ritmo o cuando la fatiga compromete la capacidad de mantener la velocidad. En consecuencia, la suplementación con carbohidratos antes y durante la competencia se ha consolidado como una estrategia nutricional relevante para deportistas de resistencia; sin embargo, su utilidad práctica depende de la dosis, el momento de ingesta, el tipo de carbohidrato, la duración de la prueba y la tolerancia individual del corredor (Hawley & Leckey, 2015; Naderi et al., 2023).

En la literatura actual, las recomendaciones de carbohidratos para deportes de resistencia suelen presentarse en rangos amplios, particularmente cuando se trata de competencias prolongadas como el maratón. No obstante, en la práctica

real, muchos maratonistas no alcanzan las cantidades recomendadas o ajustan su consumo en función de experiencias previas, molestias digestivas, disponibilidad de productos, percepción de necesidad energética o temor a síntomas gastrointestinales. Esta distancia entre la recomendación teórica y la conducta nutricional durante la carrera plantea una dificultad aplicada: conocer la dosis máxima tolerable no necesariamente resuelve cuál es la menor dosis capaz de sostener el rendimiento sin incrementar riesgos digestivos o sin generar una estrategia poco realista para el atleta. Por esta razón, el concepto de dosis mínima efectiva adquiere valor práctico y científico, ya que permite analizar la suplementación con carbohidratos desde una perspectiva más precisa y menos generalizante (Kinrade & Galloway, 2021; Ryan et al., 2024).

La actualidad del tema se refuerza por el creciente interés en estudiar no solo cuánto carbohidrato puede consumir un corredor, sino también cómo lo consume, en qué momento lo administra y qué respuesta funcional o gastrointestinal produce durante la competencia. Investigaciones recientes en maratonistas han señalado que las estrategias nutricionales y el timing de ingesta se relacionan con el desempeño y con las características del corredor, lo que sugiere que la suplementación no puede entenderse como una indicación uniforme aplicable a todos los atletas. Asimismo, estudios sobre prácticas nutricionales en maratonistas muestran que todavía existen diferencias importantes entre conocimiento, planificación y ejecución real durante competencia, situación que limita la transferencia directa de las recomendaciones generales a escenarios deportivos concretos (Jiménez-Alfageme et al., 2025; Chen et al., 2025).

La problemática central de esta investigación surge precisamente de esa tensión entre evidencia fisiológica, recomendaciones deportivas y aplicabilidad individual. Por una parte, existe consenso en que los carbohidratos son relevantes para el rendimiento de resistencia; por otra, persisten diferencias en las dosis estudiadas, los protocolos utilizados, la duración de las pruebas, las formas de administración y las respuestas digestivas observadas en los atletas. Esta heterogeneidad dificulta establecer un criterio único sobre la dosis mínima efectiva durante competencia, especialmente en maratonistas, donde la estrategia nutricional debe adaptarse al tiempo de esfuerzo, al ritmo sostenido, al nivel de entrenamiento, a la experiencia previa con suplementos y a la capacidad gastrointestinal de cada deportista. En este sentido, la variable de estudio no se limita al consumo de carbohidratos, sino que involucra la relación entre cantidad ingerida, respuesta metabólica, rendimiento y tolerancia práctica durante la carrera

(Naderi et al., 2023; Kinrade & Galloway, 2021).

Las manifestaciones del problema pueden observarse en varios planos. En el plano fisiológico, una ingesta insuficiente de carbohidratos podría favorecer la disminución de la disponibilidad energética y acelerar la aparición de fatiga durante esfuerzos prolongados. En el plano deportivo, una estrategia inadecuada puede traducirse en pérdida de ritmo, menor capacidad para sostener la intensidad o deterioro del desempeño en fases avanzadas de la competencia. En el plano gastrointestinal, una dosis elevada, mal distribuida o poco entrenada puede ocasionar náuseas, distensión, urgencia defecatoria, dolor abdominal u otros síntomas que interfieren directamente con el rendimiento. Finalmente, en el plano conductual, las creencias del corredor, la experiencia previa, la planificación de carrera y el acceso a productos específicos pueden modificar la cantidad realmente consumida durante el evento (Ryan et al., 2024; Braschler et al., 2025).

Entre las posibles causas de esta problemática se encuentran la aplicación acrítica de recomendaciones generales, la escasa individualización de las estrategias nutricionales, la limitada consideración de la tolerancia gastrointestinal y la tendencia a interpretar las dosis altas como sinónimo automático de mayor beneficio. A ello se suma que los corredores pueden tener percepciones inexactas sobre su ingesta real durante la competencia, situación que dificulta valorar si el rendimiento se relaciona con la estrategia planificada o con la cantidad efectivamente consumida. De este modo, la pregunta no debe centrarse únicamente en si los carbohidratos mejoran el rendimiento, sino en qué criterios permiten aproximar una dosis mínima efectiva que sea fisiológicamente útil, digestivamente tolerable y aplicable en condiciones reales de carrera (Jiménez-Alfageme et al., 2025; Chen et al., 2025).

A partir de este contexto, el presente trabajo se orienta a analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre la suplementación con carbohidratos durante la competencia en maratonistas, con énfasis en los criterios que permiten aproximar una dosis mínima efectiva asociada al mantenimiento o mejora del rendimiento deportivo. Esta perspectiva resulta metodológicamente pertinente porque no pretende intervenir directamente en una población ni establecer una dosis universal mediante medición experimental propia, sino organizar, comparar e interpretar hallazgos procedentes de estudios científicos, revisiones y consensos vinculados con el tema. Por ello, la investigación se plantea

como una revisión bibliográfica de carácter documental, centrada en el análisis de literatura reciente y pertinente para la nutrición deportiva aplicada al maratón (Naderi et al., 2023).

Desde el diseño teórico, la investigación parte de la relación entre suplementación con carbohidratos, disponibilidad energética y rendimiento en maratonistas, considerando como eje problemático la necesidad de establecer criterios para estimar una dosis mínima efectiva. Desde el diseño metodológico, se desarrollará mediante revisión bibliográfica, análisis documental y sistematización de información científica en torno a dosis utilizadas, tipos de carbohidratos, momento de ingesta, variables de rendimiento y tolerancia gastrointestinal. Este enfoque permitirá trabajar con categorías de análisis documental en lugar de variables experimentales directas, lo cual resulta coherente con la naturaleza del estudio y con la finalidad de construir una síntesis crítica basada en evidencia (Kinrade & Galloway, 2021).

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

1.1. Planteamiento del problema

El rendimiento en maratonistas depende de la capacidad del atleta para sostener una intensidad submáxima durante 42,195 km, resistir la fatiga acumulada y conservar una adecuada disponibilidad energética hasta las fases finales de la competencia. En este tipo de prueba, la nutrición no actúa como un elemento accesorio, sino como un componente funcional del desempeño, especialmente cuando se considera que el organismo debe regular de manera simultánea el uso de carbohidratos, grasas, líquidos y electrolitos bajo condiciones de elevada demanda fisiológica. Dentro de este escenario, los carbohidratos adquieren especial relevancia porque contribuyen al mantenimiento de la glucosa sanguínea, al uso eficiente del glucógeno muscular y hepático, y a la capacidad de sostener ritmos competitivos durante el maratón (Hawley & Leckey, 2015; Braschler et al., 2025; Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

Sin embargo, el problema no se limita a reconocer que los carbohidratos son importantes para el ejercicio de resistencia, sino a precisar qué cantidad resulta realmente necesaria, suficiente y tolerable durante la competencia. Las recomendaciones tradicionales han planteado rangos de ingesta que varían según la duración y exigencia del evento, pero en la práctica estos rangos pueden resultar amplios para el corredor, el entrenador o el nutricionista deportivo que necesita tomar decisiones concretas. Esta situación se vuelve más compleja cuando se observa que el rendimiento no depende únicamente de ingerir más carbohidratos, sino de la forma en que estos son administrados, del tipo de carbohidrato utilizado, del momento de consumo, de la experiencia previa del atleta y de su capacidad gastrointestinal para tolerar la estrategia planificada (Jeukendrup, 2011; Naderi et al., 2023; Jiménez-Alfageme et al., 2025).

En los últimos años, algunos estudios han explorado ingestas elevadas de carbohidratos durante pruebas de resistencia, incluyendo protocolos de 90 g/h y 120 g/h en maratón de montaña y eventos prolongados. Estos trabajos han permitido ampliar la discusión sobre la posibilidad de utilizar dosis superiores a las recomendaciones convencionales, especialmente cuando se emplean combinaciones de carbohidratos con diferentes vías de transporte intestinal.

No obstante, que una dosis alta pueda ser tolerada o resultar útil en determinados escenarios no significa que constituya la opción mínima necesaria para todos los maratonistas. Por el contrario, la existencia de estudios con 60, 90 y 120 g/h muestra que la discusión científica actual debe orientarse hacia la relación dosis-respuesta y hacia la identificación de criterios que permitan aproximar una dosis mínima efectiva, en lugar de asumir que una mayor ingesta siempre será superior (Viribay et al., 2020; Urdampilleta et al., 2020; Podlogar et al., 2022).

Esta dificultad se acentúa porque la suplementación con carbohidratos durante la competencia no solo se relaciona con el rendimiento, sino también con la tolerancia gastrointestinal. En corredores de resistencia, los síntomas digestivos pueden aparecer por múltiples factores, entre ellos la intensidad del ejercicio, la redistribución del flujo sanguíneo, el vaciamiento gástrico, la concentración de las soluciones, el tipo de carbohidrato, la presencia de fructosa o polioles, la hidratación y la falta de adaptación previa del intestino al consumo intraesfuerzo. Por ello, una dosis que desde el punto de vista energético podría parecer adecuada puede transformarse en una estrategia contraproducente si genera náuseas, distensión abdominal, urgencia defecatoria, dolor abdominal o reducción voluntaria de la ingesta durante la carrera (de Oliveira & Burini, 2014; Rauch et al., 2022; Zhao et al., 2025).

A esta problemática fisiológica se suma una limitación práctica: los maratonistas no siempre consumen durante la competencia la cantidad que planifican o declaran consumir. En eventos de resistencia, la ingesta real puede verse afectada por la fatiga, la disponibilidad de puntos de abastecimiento, la presentación del suplemento, el sabor, la temperatura ambiental, las molestias gastrointestinales y la percepción subjetiva de necesidad energética. De hecho, estudios observacionales en maratonistas y atletas de resistencia prolongada han mostrado discrepancias entre recomendaciones, planificación y consumo efectivo, lo que sugiere que la dosis mínima efectiva debe analizarse también desde la aplicabilidad real y no únicamente desde el protocolo ideal descrito en condiciones controladas (Kinrade & Galloway, 2021; Ryan et al., 2024; Lanpir et al., 2025).

En este sentido, la problemática adquiere una dimensión metodológica importante. Buena parte de la evidencia disponible proviene de estudios con diferentes tipos de atletas, distancias, ambientes, niveles competitivos, formas de administración y desenlaces de rendimiento, lo que dificulta establecer

comparaciones directas. Algunos trabajos se centran en maratón de ruta, otros en maratón de montaña, otros en pruebas de laboratorio o en corredores recreativos, mientras que las variables evaluadas pueden incluir tiempo final, ritmo, percepción del esfuerzo, oxidación de carbohidratos, glucosa sanguínea, síntomas gastrointestinales o fatiga. Esta heterogeneidad no invalida la evidencia, pero sí obliga a interpretarla con cautela y a organizarla críticamente para distinguir qué hallazgos son transferibles al maratonista y cuáles dependen de condiciones específicas del estudio (Arribalzaga et al., 2021; Inamura et al., 2024; Jiménez-Alfageme et al., 2025).

Desde la relación causa-problema, puede comprenderse que la ausencia de criterios suficientemente integrados sobre dosis mínima efectiva deriva de varios elementos: recomendaciones generales expresadas en rangos amplios, extrapolación de datos entre deportes de resistencia, escasa individualización de la tolerancia gastrointestinal, variabilidad en las formas de administración y diferencias entre ingesta planificada e ingesta real. Como consecuencia, el corredor puede optar por estrategias subóptimas: consumir menos carbohidratos de los necesarios y comprometer el rendimiento, o consumir cantidades superiores a las que tolera y aumentar el riesgo de molestias gastrointestinales. En ambos casos, la falta de una síntesis crítica orientada a la dosis mínima efectiva limita la toma de decisiones nutricionales durante la competencia (Rauch et al., 2022; Chen et al., 2025; Mlinaric & Mohorko, 2025).

Por lo tanto, el problema central de esta investigación se sitúa en la necesidad de analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre suplementación con carbohidratos durante la competencia en maratonistas, con el propósito de identificar los criterios que permiten aproximar una dosis mínima efectiva asociada al mantenimiento o mejora del rendimiento. Esta revisión no pretende establecer un valor único y universal, sino examinar cómo interactúan la dosis, el tipo de carbohidrato, el momento de ingesta, la duración de la prueba, el nivel del corredor, la tolerancia gastrointestinal y la aplicación real en competencia. En consecuencia, la investigación busca aportar una base teórica y práctica que permita comprender la dosis mínima efectiva como un criterio individualizable, sustentado en evidencia y útil para la prescripción nutricional en maratón (Viribay et al., 2020; Urdampilleta et al., 2020; Naderi et al., 2023).

1.2. Delimitación del problema

La presente investigación se delimita, en el plano temático, al análisis de la suplementación con carbohidratos durante la competencia y su relación con el rendimiento en maratonistas. En este sentido, el estudio se centrará en la dosis mínima efectiva como criterio de análisis nutricional, entendida no como una cantidad única aplicable a todos los atletas, sino como una aproximación basada en la evidencia científica disponible, considerando la dosis administrada, el tipo de carbohidrato, el momento de ingesta, la duración del esfuerzo, la respuesta gastrointestinal y los indicadores de rendimiento reportados en la literatura.

En el plano poblacional, la investigación se orienta hacia maratonistas adultos que participen en competencias de maratón, principalmente en modalidad de ruta y, de forma complementaria, en maratón de montaña cuando los estudios reporten información sobre consumo de carbohidratos, rendimiento o tolerancia gastrointestinal aplicable al maratón. Los estudios en media maratón, ultra-trail, ultramaratón u otros eventos de resistencia solo se utilizarán como evidencia secundaria cuando aporten fundamentos fisiológicos o datos transferibles para interpretar la suplementación con carbohidratos en maratonistas, sin convertirlos en el eje poblacional del trabajo.

En el plano documental, el trabajo se desarrollará a partir de artículos científicos, revisiones, consensos, estudios observacionales, estudios experimentales y documentos académicos relacionados con suplementación de carbohidratos en deportes de resistencia. La unidad de análisis no serán corredores evaluados directamente por el investigador, sino publicaciones científicas previamente disponibles, seleccionadas según su pertinencia temática, calidad metodológica y relación con los objetivos de la revisión.

En el plano temporal, se priorizará publicaciones recientes, preferentemente comprendidas entre los años 2020 y 2026, debido a que el tema ha tenido avances importantes en relación con dosis elevadas de carbohidratos, carbohidratos de transporte múltiple, entrenamiento intestinal, tolerancia gastrointestinal y estrategias de ingesta durante competencia. No obstante, se podrán incorporar fuentes clásicas cuando sean necesarias para fundamentar conceptos fisiológicos, recomendaciones históricas o bases teóricas indispensables para comprender la evolución del tema.

En el plano metodológico, la investigación se delimita como una revisión bibliográfica de carácter documental, con alcance descriptivo-analítico. Por tanto, no se aplicará una intervención nutricional, no se implementará directamente a deportistas y no se realizarán mediciones primarias de rendimiento. El estudio se enfocará en identificar, organizar, comparar e interpretar la evidencia disponible sobre dosis de carbohidratos y rendimiento en maratonistas, con énfasis en la construcción de criterios que permitan aproximar una dosis mínima efectiva desde la literatura científica.

Finalmente, en cuanto al alcance del estudio, la revisión no pretende establecer una recomendación universal ni una dosis rígida para todos los corredores. Su propósito es delimitar criterios teóricos y prácticos que ayuden a comprender cómo la dosis de carbohidratos puede ajustarse según las características del evento, el tipo de corredor, la tolerancia digestiva y la respuesta funcional esperada. Por ello, los resultados deberán interpretarse como una síntesis académica orientadora para la nutrición deportiva de resistencia, y no como una prescripción individual definitiva.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la dosis mínima efectiva de carbohidratos, consumida antes y/o durante la competencia, asociada con mejoras significativas en el rendimiento deportivo de maratonistas, según la evidencia científica actual?

1.4. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las dosis de carbohidratos utilizadas durante la competencia en estudios realizados en maratonistas o en corredores de resistencia con evidencia aplicable al maratón?
- ¿Qué efectos se han reportado sobre el rendimiento deportivo según las diferentes dosis de carbohidratos administradas durante la competencia?
- ¿Cómo influyen el tipo de carbohidrato, el momento de ingesta y la forma de administración en el rendimiento del maratonista?
- ¿Qué criterios pueden sintetizarse, a partir de la evidencia revisada, para orientar la estimación de una dosis mínima efectiva de carbohidratos en maratonistas?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre la suplementación con carbohidratos durante la competencia en maratonistas, con énfasis en los criterios que permiten aproximar una dosis mínima efectiva asociada a la mejora del rendimiento deportivo.

1.5.2. Objetivos específicos

- Identificar las diferentes dosis de carbohidratos utilizadas durante la competencia en maratonistas.
- Examinar si variables como nivel competitivo, duración del ejercicio y tipo de carbohidrato modifican la respuesta ergogénica.
- Sintetizar criterios teóricos y prácticos, a partir de la evidencia revisada, que orienten la estimación de una dosis mínima efectiva de carbohidratos durante la competencia en maratonistas.

1.6. Hipótesis o supuesto teórico

Por tratarse de una revisión bibliográfica, no resulta metodológicamente necesario formular una hipótesis experimental, ya que no se manipulará directamente una intervención ni se comprobará estadísticamente un efecto en una muestra propia. En este caso, es más adecuado plantear un supuesto teórico, porque la investigación se orienta a analizar, comparar y sintetizar evidencia científica disponible.

La evidencia científica disponible permite sostener que la suplementación con carbohidratos durante la competencia puede contribuir al mantenimiento o mejora del rendimiento en maratonistas; sin embargo, la dosis mínima efectiva no constituye un valor único y universal, sino un criterio individualizable que depende de la duración del esfuerzo, la intensidad competitiva, el tipo de carbohidrato, el momento de ingesta, la forma de administración, la tolerancia gastrointestinal y las características del corredor.

Supuestos específicos

La evidencia científica revisada permite identificar diferentes rangos de

ingesta de carbohidratos durante competencias de resistencia, con respuestas variables según la duración del esfuerzo y el contexto deportivo.

Los efectos de la suplementación con carbohidratos sobre el rendimiento en maratonistas dependen no solo de la cantidad administrada, sino también del tipo de carbohidrato, la forma de presentación y el momento de consumo.

La tolerancia gastrointestinal constituye un factor determinante para valorar la aplicabilidad práctica de una dosis de carbohidratos durante la competencia.

La dosis mínima efectiva debe interpretarse como una aproximación basada en evidencia, orientada a sostener el rendimiento con la menor cantidad necesaria y tolerable de carbohidratos, sin asumir que las dosis más altas sean siempre superiores para todos los corredores.

1.7. Justificación

La presente investigación se justifica porque aborda una problemática actual de la nutrición deportiva aplicada: la necesidad de precisar criterios para estimar una dosis mínima efectiva de carbohidratos durante la competencia en maratonistas. Aunque existe consenso sobre la importancia de los carbohidratos en el ejercicio prolongado, la evidencia reciente muestra que las dosis empleadas en estudios y en la práctica deportiva varían considerablemente, desde ingestas moderadas hasta protocolos superiores a 90 g/h. Esta variabilidad obliga a revisar el tema con mayor profundidad, ya que no basta con afirmar que los carbohidratos mejoran el rendimiento; resulta necesario analizar en qué condiciones, con qué dosis, en qué tipo de corredor y bajo qué nivel de tolerancia gastrointestinal pueden ser realmente útiles (Viribay et al., 2020; Urdampilleta et al., 2020; Naderi et al., 2023).

Desde el punto de vista teórico, el estudio permitirá organizar y discutir los fundamentos fisiológicos que explican la relación entre disponibilidad de carbohidratos, mantenimiento de la glucosa sanguínea, utilización del glucógeno muscular y rendimiento en pruebas de resistencia. En carreras prolongadas, la capacidad de sostener la intensidad depende en parte de la disponibilidad de sustratos energéticos, especialmente cuando el corredor necesita mantener el ritmo, responder a cambios de intensidad o evitar el deterioro funcional asociado a la fatiga. Por ello, el análisis de la dosis mínima efectiva no debe limitarse a una cifra aislada, sino integrarse con la comprensión del metabolismo energético, la oxidación

exógena de carbohidratos y la interacción entre carbohidratos y grasas durante el esfuerzo prolongado (Hawley & Leckey, 2015; Leckey et al., 2016; Braschler et al., 2025).

Desde la perspectiva práctica, esta revisión puede aportar criterios útiles para nutricionistas deportivos, entrenadores y corredores que requieren tomar decisiones aplicables durante la competencia. En la práctica real, muchos atletas no consumen exactamente la cantidad planificada, ya sea por fatiga, disponibilidad limitada de productos, molestias gastrointestinales, percepción subjetiva de tolerancia o desconocimiento de sus propias necesidades. Esta situación demuestra que una recomendación amplia puede ser insuficiente si no se traduce en una estrategia concreta, tolerable y ajustada al contexto competitivo. Por tanto, estudiar la dosis mínima efectiva permite orientar una suplementación más racional, evitando tanto la ingesta insuficiente que compromete el rendimiento como el consumo excesivo que puede generar malestar digestivo o baja adherencia (Kinrade & Galloway, 2021; Ryan et al., 2024; Lanpir et al., 2025).

Asimismo, la investigación se justifica por la relevancia de la tolerancia gastrointestinal como factor limitante de la suplementación con carbohidratos durante el maratón. Los síntomas digestivos en corredores pueden afectar directamente el rendimiento, modificar la estrategia de ingesta e incluso condicionar el abandono o la reducción del ritmo competitivo. Por esta razón, cualquier aproximación a una dosis mínima efectiva debe considerar no solo el aporte energético potencial, sino también la capacidad del corredor para tolerar el tipo, la cantidad, la concentración y la frecuencia de consumo de carbohidratos durante el esfuerzo. Esta integración entre rendimiento y tolerancia digestiva constituye uno de los aportes centrales del presente trabajo (de Oliveira & Burini, 2014; Rauch et al., 2022; Zhao et al., 2025).

Desde el punto de vista metodológico, la revisión sistemática resulta pertinente porque la evidencia disponible se encuentra dispersa en estudios con diferentes diseños, poblaciones, distancias, protocolos de suplementación y variables de rendimiento. Algunos trabajos evalúan maratón de ruta, maratón de montaña, corredores entrenados, atletas recreativos o condiciones controladas de laboratorio; además, las variables reportadas pueden incluir tiempo de competencia, velocidad, percepción del esfuerzo, oxidación de carbohidratos, glucosa sanguínea, fatiga o síntomas gastrointestinales. Ante esta heterogeneidad, una revisión documental permite ordenar los hallazgos, comparar los enfoques utilizados y construir una interpretación crítica que ayude a distinguir entre evidencia

directamente aplicable al maratonista y evidencia que requiere cautela en su transferencia (Arribalzaga et al., 2021; Inamura et al., 2024; Jiménez-Alfageme et al., 2025).

La justificación científica del estudio radica en que la noción de dosis mínima efectiva aún requiere mayor precisión dentro de la nutrición deportiva de resistencia. La literatura ha avanzado en el estudio de dosis altas y carbohidratos de transporte múltiple, así como en estrategias como entrenamiento intestinal, hidrogeles, geles modificados y fuentes alimentarias alternativas. Sin embargo, esta evolución no elimina la necesidad de identificar qué cantidad puede ser suficiente para sostener el rendimiento con adecuada tolerancia, especialmente cuando no todos los corredores necesitan, toleran o pueden aplicar dosis muy elevadas durante la competencia. En consecuencia, el trabajo contribuirá a interpretar la dosis mínima efectiva como un criterio individualizable y no como una prescripción rígida o universal (Rowe et al., 2021; King et al., 2022; Hearris et al., 2022; Martinez et al., 2024).

Finalmente, desde la perspectiva académica, esta investigación aporta al campo de la nutrición deportiva porque integra fisiología del ejercicio, suplementación, rendimiento, tolerancia gastrointestinal y análisis crítico de literatura científica reciente. Su valor no radica en proponer una intervención directa, sino en construir una síntesis fundamentada que permita orientar futuras investigaciones y mejorar la toma de decisiones en la prescripción nutricional para los maratonistas. De este modo, el estudio se alinea con una necesidad concreta de la práctica profesional: transformar recomendaciones generales sobre carbohidratos en criterios más precisos, contextualizados y sustentados en evidencia para la competencia de maratón (Naderi et al., 2023; Mlinaric & Mohorko, 2025; Chen et al., 2025).

1.8. Declaración de las variables (Operacionalización)

Por tratarse de una investigación de tipo revisión bibliográfica/documental, las variables no serán manipuladas ni medidas directamente en una muestra de corredores. En este estudio se trabajarán como variables o categorías de análisis documental, extraídas de artículos científicos, revisiones, consensos y estudios aplicados sobre suplementación con carbohidratos, rendimiento en maratonistas y tolerancia gastrointestinal. Esta decisión permite mantener coherencia metodológica con el tipo de investigación, ya que el objetivo no es ejecutar una intervención, sino analizar críticamente la evidencia disponible.

TABLA 1. Variables del estudio

Variable / categoría de análisis	Tipo de variable o categoría	Definición conceptual	Definición operacional documental	Dimensiones	Indicadores
Suplementación con carbohidratos durante la competencia	Categoría explicativa principal	Estrategia nutricional basada en la ingesta planificada de carbohidratos antes o durante el ejercicio prolongado, con el propósito de mantener la disponibilidad energética, favorecer la oxidación de carbohidratos exógenos y contribuir al sostenimiento del rendimiento en deportes de resistencia (Jeukendrup, 2011; Hawley & Leckey, 2015; Naderi et al., 2023).	Se analizará mediante la información reportada en estudios científicos sobre cantidad de carbohidratos administrados, tipo de carbohidrato utilizado, forma de presentación y momento de ingesta durante competencias o pruebas prolongadas de resistencia.	Dosis administrada. Tipo de carbohidratos. Forma de administración. Momento de ingesta.	g/h. g/kg. Glucosa. Fructosa. Maltodextrina. Combinaciones glucosa-fructosa. Bebidas deportivas. Geles. Gomitas. Barras. Purés. Ingesta antes de la competencia. Ingesta durante la competencia. Frecuencia de consumo.
Dosis mínima efectiva de carbohidratos	Categoría central de análisis	Menor cantidad de carbohidratos que, según la evidencia disponible, podría asociarse con mantenimiento o mejora del rendimiento durante esfuerzos prolongados, sin incrementar de manera relevante los síntomas gastrointestinales ni comprometer	Se establecerá de forma interpretativa a partir de la comparación de estudios que reporten diferentes dosis de carbohidratos, respuestas de rendimiento, tolerancia gastrointestinal y condiciones de aplicación durante competencia o ejercicio prolongado.	Magnitud de la dosis. Respuesta funcional. Aplicabilidad práctica. Seguridad digestiva.	Dosis baja, moderada o alta según g/h reportados. Dosis asociada con mejora o mantenimiento del rendimiento. Dosis asociada con menor fatiga. Dosis tolerada sin síntomas gastrointestinales relevantes. Dosis aplicable en contexto competitivo.

Rendimiento en maratones		la aplicabilidad práctica de la estrategia nutricional.			
	Categoría de resultado principal	Capacidad del maratonista para sostener un ritmo competitivo durante 42,195 km, conservando eficiencia funcional y resistencia frente a la fatiga acumulada. En maratón, el rendimiento se relaciona con la disponibilidad energética, la economía de carrera, la regulación del ritmo y la capacidad de mantener el esfuerzo hasta el final de la competencia (Braschler et al., 2025; Hunter & Muniz-Pumares, 2025).	Se analizará a partir de los desenlaces de rendimiento reportados en la literatura científica, especialmente aquellos vinculados con tiempo final de maratón, ritmo sostenido, velocidad, percepción subjetiva del esfuerzo, fatiga, glucosa sanguínea u oxidación de carbohidratos.	Desempeño competitivo. Mantenimiento del ritmo. Fatiga. Respuesta metabólica. Percepción del esfuerzo.	Tiempo total de maratón. Velocidad media. Ritmo de carrera. Tiempo hasta el agotamiento. Percepción subjetiva del esfuerzo. Fatiga reportada. Glucosa sanguínea. Oxidación de carbohidratos exógenos. Finalización de la prueba.
Factores condicionantes de la respuesta a carbohidratos	Categoría contextual complementaria	Conjunto de elementos individuales, deportivos y ambientales que pueden modificar la respuesta del corredor a la suplementación con carbohidratos	Se identificarán a partir de la información descrita en los estudios seleccionados, considerando variables contextuales que puedan explicar	Características del evento. Características del corredor. Condiciones de aplicación. Estrategia nutricional asociada.	Duración de la competencia. Distancia. Intensidad. Nivel competitivo. Experiencia previa. Estado nutricional previo. Disponibilidad

		s durante la competencia . Incluyen duración del esfuerzo, intensidad, nivel de entrenamiento, experiencia previa con suplementos , estado nutricional, disponibilidad de productos e hidratación.	diferencias en la respuesta al consumo de carbohidratos durante Competencias de resistencia.		d de puntos de abastecimiento. Hidratación. Temperatura ambiental. Planificación de la ingesta.
--	--	---	---	--	--

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Antecedentes referenciales

Los antecedentes referenciales de esta investigación se organizan a partir de estudios internacionales que han analizado la suplementación con carbohidratos durante esfuerzos prolongados, el rendimiento en maratonistas, la tolerancia gastrointestinal y las prácticas reales de ingesta durante competencia. En la revisión realizada no se identificaron estudios nacionales ecuatorianos directamente centrados en la dosis mínima efectiva de carbohidratos en maratonistas; por tanto, el sustento referencial se construye principalmente con evidencia internacional reciente, priorizando artículos publicados entre 2020 y 2026, junto con algunos trabajos clásicos necesarios para comprender la evolución del problema.

En el contexto de la maratón de montaña, Viribay et al. (2020) realizaron un estudio en corredores élite para analizar el efecto de una ingesta elevada de carbohidratos, específicamente 120 g/h, durante una competencia de montaña. Los autores observaron que esta estrategia podría limitar marcadores de daño muscular inducido por el ejercicio, como creatina quinasa, lactato deshidrogenasa y glutamato oxalacetato transaminasa, además de reducir la carga interna del ejercicio en comparación con ingestas de 60 y 90 g/h. Este antecedente resulta relevante porque desplaza la discusión desde la recomendación tradicional hacia la posibilidad de utilizar dosis superiores en eventos prolongados; sin embargo, también evidencia que una dosis alta no equivale necesariamente a una dosis mínima efectiva, sino a una estrategia posible bajo condiciones específicas de entrenamiento, tolerancia y exigencia competitiva (Viribay et al., 2020).

En una línea similar, Urdampilleta et al. (2020) compararon los efectos de 60, 90 y 120 g/h de carbohidratos durante una maratón de montaña sobre la función neuromuscular y la recuperación de la capacidad de carrera de alta intensidad. El estudio reportó que la ingesta de 120 g/h podría limitar la fatiga neuromuscular y favorecer la recuperación 24 horas después de un evento fisiológicamente exigente, en comparación con 60 y 90 g/h. Entre los resultados específicos se observaron diferencias significativas en variables asociadas con salto, fuerza, fatiga y lactato, como ABKJT, ABKH, HST1RM, fatiga y lactato, con valores de significancia reportados entre $p = 0,012$ y $p = 0,041$. Este hallazgo fortalece la importancia de estudiar la relación dosis-respuesta, aunque su interpretación debe realizarse con

cautela porque el trabajo fue desarrollado en un contexto altamente demandante y no establece por sí mismo cuál sería la menor dosis suficiente para sostener el rendimiento (Urdampilleta et al., 2020).

Desde la perspectiva de la tolerancia gastrointestinal y la disponibilidad metabólica, Rauch et al. (2022) estudiaron a 28 corredores masculinos de resistencia y ultra resistencia competitivamente entrenados, quienes consumían una dieta mixta habitual con una distribución aproximada de 57 ± 6 % de carbohidratos, 21 ± 16 % de proteínas y 22 ± 9 % de grasas. El estudio evaluó la tolerancia alimentaria, la disponibilidad de glucosa y la oxidación total de carbohidratos y grasas durante ejercicio prolongado con alimentación intraesfuerzo. Este antecedente es importante porque permite comprender que el análisis de la suplementación con carbohidratos no puede reducirse a la cantidad ingerida, sino que debe integrar el uso metabólico del sustrato, la disponibilidad de glucosa y la respuesta gastrointestinal. Para la presente investigación, este trabajo aporta una base metodológica útil porque conecta tres dimensiones centrales del problema: dosis, oxidación y tolerancia durante el ejercicio prolongado (Rauch et al., 2022).

Arribalzaga et al. (2021), mediante una revisión sistemática sobre carreras ultra-trail de una sola etapa, analizaron la relación entre ingesta de carbohidratos, fatiga y problemas gastrointestinales. La revisión mostró que la mayoría de corredores no alcanzaba las recomendaciones estándar de ingesta de carbohidratos durante eventos de ultra resistencia, mientras que en 6 estudios los síntomas gastrointestinales se ubicaron entre 65 % y 82 %. Este antecedente resulta central para el planteamiento de la tesis, porque demuestra que el problema no se resuelve únicamente elevando la dosis de carbohidratos; por el contrario, existe una tensión entre cubrir las demandas energéticas, evitar fatiga y preservar la tolerancia digestiva. Por ello, la dosis mínima efectiva debe comprenderse como una estrategia que equilibra suficiencia energética y aplicabilidad gastrointestinal (Arribalzaga et al., 2021).

Kinrade y Galloway (2021) aportaron evidencia desde un evento continuo de 24 horas en corredores amateur de ultra resistencia. La muestra incluyó 18 participantes, 11 hombres y 7 mujeres, con edad media de $41,5 \pm 5,1$ años y masa corporal de $75,8 \pm 11,7$ kg. Los autores señalaron que, aunque para eventos superiores a 3 horas se recomienda alcanzar hasta 90 g/h de carbohidratos de transporte múltiple, la ingesta previa a la carrera fue menor a la recomendada, con $4,0 \pm 1,4$ g/kg en las 24–48 horas previas y 42 ± 9 % de la energía total proveniente de carbohidratos. Este estudio es pertinente porque muestra una brecha práctica entre la teoría nutricional y la conducta real del corredor, aspecto que debe considerarse cuando se intenta estimar una dosis mínima efectiva aplicable durante

Lavoué et al. (2020) analizaron la ingesta de alimentos y líquidos en corredores élite de ultraresistencia durante un campeonato mundial de 24 horas. En los 11 finalistas, la ingesta total de fluidos fue de $16,4 \pm 6,9$ L, la ingesta energética alcanzó $35,1 \pm 15,7$ MJ y el consumo de carbohidratos fue de $1,49 \pm 0,71$ kg durante la competencia. A pesar de estas ingestas elevadas, el balance energético permaneció ampliamente negativo, con $-29,5 \pm 16,1$ MJ. Además, aunque el 75 % de los atletas presentó síntomas gastrointestinales, estos fueron transitorios, con una duración promedio de $3,0 \pm 0,9$ horas, y no se registró hiponatremia asociada al ejercicio. Este antecedente muestra que atletas de élite pueden tolerar ingestas altas bajo condiciones competitivas específicas, pero también evidencia que incluso consumos elevados no eliminan el déficit energético en eventos extremos (Lavoué et al., 2020). Inamura et al. (2024) realizaron un estudio observacional en la carrera LAKE BIWA 100, una ultramaratón de 100 millas, equivalente a 169 km, con 10.500 m de desnivel positivo. De 100 corredores participantes, 22 voluntarios fueron incluidos en el estudio, distribuidos en finalistas de mayor rendimiento, finalistas de menor rendimiento y no finalistas. Los autores observaron que, entre los finalistas, la ingesta de carbohidratos fue significativamente mayor en los corredores de mejor rendimiento que en los de menor rendimiento, especialmente en la primera mitad de la carrera. Además, en los corredores de menor rendimiento se identificó una correlación positiva significativa entre velocidad de carrera e ingesta de carbohidratos ($\rho = 0,700$; $p = 0,036$), mientras que las fluctuaciones de glucosa se correlacionaron negativamente con la velocidad en los finalistas ($\rho = -0,612$; $p = 0,012$). Este antecedente aporta evidencia reciente de que la ingesta de carbohidratos y el control glucémico durante la carrera pueden relacionarse con el desempeño en ultradistancia (Inamura et al., 2024).

Jiménez-Alfageme et al. (2025) estudiaron la ingesta nutricional y el timing de corredores de maratón, analizando cómo las características del atleta y las prácticas de abastecimiento se relacionaban con el tiempo final. Este antecedente es útil porque traslada el análisis hacia el maratón como prueba central del presente estudio. La relevancia del trabajo radica en que no aborda únicamente el consumo total, sino también el momento de ingesta y las prácticas durante la carrera, aspectos indispensables para discutir dosis mínima efectiva. En este sentido, el trabajo respalda la idea de que la estrategia de carbohidratos debe ser interpretada como una conducta nutricional situada en el tiempo competitivo, no como una cantidad aislada administrada sin relación con el ritmo, la duración o la planificación previa (Jiménez-Alfageme et al., 2025).

En dicho estudio, Jiménez-Alfageme et al. (2025) observaron que la ingesta media de carbohidratos durante la competencia fue de 35 ± 17 g/h, valor inferior al rango recomendado para esfuerzos prolongados. El dato es relevante para esta investigación porque muestra que, aun en una prueba organizada y con disponibilidad de puntos de abastecimiento, la conducta real del maratonista puede ubicarse por debajo de las recomendaciones teóricas. Además, los corredores que alcanzaron el rango de 60-90 g/h tuvieron mayor probabilidad de finalizar la maratón en menos de 180 minutos, lo que permite relacionar la disponibilidad de carbohidratos con el mantenimiento del rendimiento competitivo, sin asumir que todos los atletas requieren dosis máximas.

Chen et al. (2025) ampliaron esta discusión mediante una encuesta nacional aplicada a 5668 maratonistas chinos, en la que identificaron variabilidad importante en las prácticas nutricionales, el conocimiento deportivo y las estrategias específicas para carrera. Aunque más de la mitad de los corredores reportó utilizar carga de carbohidratos antes de competir, los autores también evidenciaron problemas en hidratación, distribución de macronutrientes y ejecución de pautas nutricionales. Este antecedente es pertinente porque confirma que el problema no se limita a la existencia de recomendaciones, sino a su traducción práctica en corredores recreativos y competitivos. Por ello, la dosis mínima efectiva debe analizarse junto con educación nutricional, planificación previa y capacidad real de cumplimiento durante el evento.

Lanpir et al. (2025) aportaron un hallazgo especialmente útil para el presente trabajo al comparar la ingesta planificada, percibida y realmente consumida durante competencias de resistencia. Los autores reportaron que los atletas tendieron a sobreestimar su consumo de carbohidratos y que, en el subgrupo de maratonistas, la ingesta real fue menor que la planificada. Este resultado refuerza la necesidad de distinguir entre dosis prescrita, dosis transportada y dosis efectivamente ingerida. En una maratón, la fatiga, la ansiedad previa, la calidad del sueño, el rechazo al sabor, la disponibilidad de líquido o la aparición de síntomas digestivos pueden hacer que una estrategia correcta en el papel no se ejecute de forma adecuada durante la competencia.

King et al. (2022) evaluaron los efectos de una dieta muy alta en carbohidratos y del entrenamiento intestinal en atletas de resistencia altamente entrenados. El estudio concluyó que estas estrategias tuvieron efectos menores sobre el estado gastrointestinal y el rendimiento, aunque las ingestas elevadas fueron toleradas tras un proceso de adaptación. Este antecedente es importante porque introduce una lectura crítica sobre el “entrenamiento intestinal”: si bien puede

mejorar la capacidad de tolerar mayores aportes de carbohidratos, sus efectos no siempre son marcados ni necesariamente superiores a estrategias ubicadas dentro del rango bajo de las recomendaciones actuales. Por tanto, este estudio contribuye a evitar una postura simplista según la cual entrenar el intestino o incrementar la dosis siempre se traduce en mejoras proporcionales del rendimiento (King et al., 2022).

Reynolds et al. (2023) estudiaron el puré de manzana como fuente natural de fructosa para sostener el rendimiento en media maratón, comparándolo con una fuente cristalina de fructosa. Los autores reportaron que el puré de manzana fue equivalente a la fructosa cristalina para apoyar el rendimiento en media maratón sin aumentar los síntomas gastrointestinales. Además, no se observaron diferencias relevantes en ingesta voluntaria de líquidos ni en medidas urinarias, sanguíneas o subjetivas entre las fuentes comparadas. Este antecedente amplía el análisis hacia la forma y fuente del carbohidrato, aspecto importante para una revisión sobre dosis mínima efectiva, ya que la aplicabilidad de una dosis no depende solo de los gramos por hora, sino también del producto utilizado, su composición y su tolerancia durante la carrera (Reynolds et al., 2023).

Ryan et al. (2024) investigaron las creencias y prácticas de corredores de ultra resistencia en Irlanda en relación con el consumo de carbohidratos y el manejo de síntomas gastrointestinales. El valor de este antecedente se encuentra en que incorpora el componente conductual de la suplementación, debido a que el consumo real durante carrera no depende únicamente del conocimiento técnico, sino también de la experiencia previa, las creencias del atleta, la percepción de tolerancia y las estrategias personales para prevenir molestias digestivas. Para la presente investigación, este trabajo permite comprender que la dosis mínima efectiva no puede plantearse como una prescripción exclusivamente fisiológica; también debe ser una dosis viable desde la conducta deportiva y la adherencia durante competencia (Ryan et al., 2024).

Zhao et al. (2025) analizaron la prevalencia, severidad y factores contribuyentes de síntomas gastrointestinales en corredores recreativos de larga distancia en China. El estudio reportó que el 26,1 % de los participantes presentó síntomas gastrointestinales durante las carreras, siendo los más frecuentes la distensión abdominal con 18,6 %, la urgencia defecatoria con 17,8 % y el dolor gástrico con 16,5 %. Además, los síntomas fueron más frecuentes en hombres que en mujeres, con 27,9 % frente a 20,8 %, y se observaron mayores tasas en corredores de 34 años o menos. Este antecedente es relevante para el análisis del maratonista porque evidencia que los síntomas digestivos no son un fenómeno marginal en carreras prolongadas; por el contrario, constituyen una limitación práctica que puede modificar la ingesta y condicionar el rendimiento (Zhao et al.,

Convit et al. (2024) aportaron evidencia sobre malabsorción de carbohidratos, FODMAP y síntomas gastrointestinales, un aspecto pertinente para comprender por qué algunos corredores desarrollan molestias aun cuando las dosis ingeridas se encuentran dentro de rangos aparentemente recomendables. Este antecedente permite matizar el problema: la tolerancia no depende únicamente de la cantidad total de carbohidratos, sino también del tipo de carbohidrato, la composición del producto, la presencia de compuestos fermentables, la sensibilidad individual y el contexto fisiológico del ejercicio. Para la tesis, este estudio ayuda a sostener que la dosis mínima efectiva debe integrar criterios digestivos, y no solo variables de rendimiento o disponibilidad energética (Convit et al., 2024).

Ramonas et al. (2022) estudiaron la manipulación aguda de la disponibilidad de carbohidratos en corredores masculinos entrenados, considerando variables como rendimiento de carrera de alta intensidad, economía de carrera, velocidad crítica y metabolismo de sustratos. Este antecedente contribuye a ubicar el problema en corredores entrenados y no solo en deportes de resistencia de laboratorio o en disciplinas distintas al running. Su aporte principal es mostrar que la disponibilidad aguda de carbohidratos puede modificar la respuesta metabólica y funcional del corredor, lo que refuerza la necesidad de interpretar la dosis mínima efectiva como parte de una estrategia de disponibilidad energética, no únicamente como suplementación aislada durante el evento (Ramonas et al., 2022).

Rowe et al. (2021) analizaron una formulación de hidrogel con glucosa y fructosa, observando efectos sobre rendimiento, oxidación exógena de carbohidratos y tolerancia gastrointestinal. Este antecedente resulta importante porque introduce el debate sobre el desarrollo de productos diseñados para mejorar la entrega intestinal de carbohidratos durante el ejercicio. Sin embargo, su interpretación debe articularse con estudios que no han encontrado beneficios claros de los hidrogeles sobre el rendimiento o el malestar gastrointestinal, para evitar una lectura promocional o acrítica de este tipo de estrategia. En consecuencia, el aporte de este estudio a la tesis se sitúa en la discusión sobre formas de administración y no únicamente en la cantidad total de carbohidratos consumida (Rowe et al., 2021).

Hunter y Muniz-Pumares (2025) abordaron la durabilidad de parámetros asociados con el rendimiento en corredores de maratón. Este antecedente permite ampliar el análisis más allá de la ingesta aislada y conectar la nutrición con la capacidad de sostener parámetros fisiológicos y funcionales a medida que avanza la fatiga. En maratones, la durabilidad del rendimiento representa un aspecto clave porque un corredor no solo debe alcanzar una intensidad determinada, sino mantenerla durante un período prolongado y bajo condiciones de deterioro

progresivo. Desde esta perspectiva, la suplementación con carbohidratos puede ser interpretada como una estrategia que potencialmente contribuye a preservar la disponibilidad energética necesaria para sostener el ritmo y reducir la caída del desempeño en fases avanzadas (Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

Grivas (2025) analizó el enfoque fisiológico y psicológico de las estrategias de ritmo negativo en maratón, es decir, aquellas en las que el corredor intenta completar la segunda parte de la competencia a un ritmo igual o superior al de la primera. Aunque este estudio no se centra directamente en suplementación con carbohidratos, resulta útil como antecedente complementario porque el mantenimiento del ritmo competitivo requiere una adecuada integración entre capacidad fisiológica, percepción del esfuerzo, regulación energética y planificación de carrera. Por ello, la discusión sobre dosis mínima efectiva debe conectarse con el pacing, ya que una estrategia nutricional insuficiente puede comprometer la posibilidad de sostener o mejorar el ritmo en la parte final del evento (Grivas, 2025).

En conjunto, los antecedentes revisados muestran que la suplementación con carbohidratos durante la competencia en maratonistas y corredores de resistencia con evidencia aplicable al maratón se ha estudiado desde varios enfoques: dosis elevadas, relación dosis-respuesta, oxidación exógena, control glucémico, tolerancia gastrointestinal, entrenamiento intestinal, prácticas reales y estrategias de ritmo. No obstante, también revelan una brecha común: la evidencia ha avanzado en determinar cuánto carbohidrato puede tolerarse o asociarse con mejor desempeño en determinados escenarios, pero todavía no establece de manera uniforme cuál es la menor cantidad efectiva según duración del evento, tipo de corredor, forma de administración y tolerancia digestiva. Por ello, esta investigación se justifica como una revisión bibliográfica orientada a sintetizar criterios, más que a imponer una dosis universal.

Cao et al. (2025) sintetizaron la evidencia reciente sobre suplementación con carbohidratos en deportes de resistencia de larga duración y destacaron que la efectividad de la estrategia depende de múltiples variables: reservas previas de glucógeno, tipo de carbohidrato, combinación con otros nutrientes, función gastrointestinal, edad, sexo, ambiente y estado psicológico. Esta revisión permite fundamentar que la dosis mínima efectiva no puede definirse únicamente a partir de gramos por hora, porque la misma cantidad puede producir respuestas distintas según el contexto competitivo. En maratonistas, esta idea es central, ya que el rendimiento depende tanto de la disponibilidad energética como de la posibilidad de sostener la ingesta sin comprometer el aparato digestivo ni la estrategia de ritmo.

Naderi et al. (2023) introdujeron un enfoque complementario al analizar fuentes alimentarias de carbohidratos y no solo suplementos comerciales. Los

autores señalan que geles, bebidas y polvos son útiles por su practicidad durante el ejercicio, pero también reconocen que alimentos como miel, pasas, plátano, arroz, avena o papas pueden contribuir a cubrir necesidades antes o después del esfuerzo, siempre que se consideren volumen, transporte, palatabilidad y tolerancia gastrointestinal. Para el maratonista, esta perspectiva evita reducir el problema a un producto específico y permite comprender que la estrategia de carbohidratos puede integrar suplementos y alimentos según momento de consumo, disponibilidad económica, hábitos personales y tolerancia individual.

Podlogar y Wallis (2022) plantearon que la investigación actual sobre carbohidratos en deportistas de resistencia debe avanzar hacia recomendaciones más personalizadas, ajustadas a la demanda de cada sesión o competencia. Esta postura es relevante para la presente tesis porque diferencia la nutrición del entrenamiento de la nutrición de la competencia: mientras algunas fases del entrenamiento pueden manipular la disponibilidad de carbohidratos, la competencia de maratón exige preservar la capacidad de sostener la intensidad. En consecuencia, la dosis mínima efectiva debe entenderse como una pauta competitiva orientada a rendimiento y tolerancia, no como una regla diaria aplicable a todo el proceso de preparación.

Plews et al. (2026) realizaron una lectura crítica de las estrategias de ingesta alta de carbohidratos, generalmente superiores a 90 g/h. Los autores advierten que estas prácticas han ganado popularidad en deportistas de élite, pero la evidencia controlada todavía es limitada y no justifica promoverlas de forma generalizada. Este antecedente fortalece el enfoque del presente estudio, porque permite separar el interés por dosis elevadas del objetivo de encontrar una dosis mínima efectiva. En lugar de asumir que más carbohidrato siempre significa mejor rendimiento, el análisis debe valorar beneficios marginales, riesgo de síntomas gastrointestinales, nivel del atleta, entrenamiento intestinal y posibilidad real de sostener la pauta durante los 42,195 km.

Kripp et al. (2026) estudiaron la periodización de carbohidratos durante ocho semanas de entrenamiento en corredores recreativamente activos y observaron modificaciones metabólicas, especialmente en oxidación de grasas y carbohidratos, aunque sin efectos claros y uniformes sobre el rendimiento. Esta evidencia permite matizar el marco teórico: adaptar el metabolismo durante el entrenamiento no equivale necesariamente a optimizar el rendimiento competitivo en maratón. Para competir, la disponibilidad de carbohidratos continúa siendo relevante, pero su uso debe integrarse dentro de una planificación que diferencie fases de entrenamiento, carga previa, ingesta intraesfuerzo y recuperación posterior.

Desde una lectura crítica, los antecedentes permiten asumir una postura

clara: la dosis mínima efectiva de carbohidratos no debe entenderse como un valor rígido ni extrapolable a todos los corredores. Las dosis de 90 o 120 g/h pueden ser útiles en eventos prolongados y atletas altamente adaptados, pero estudios observacionales y trabajos sobre síntomas gastrointestinales muestran que la aplicabilidad depende de factores como entrenamiento intestinal, tolerancia, timing, composición del suplemento, disponibilidad de productos y conducta real durante carrera. En consecuencia, el aporte de esta tesis será ordenar la evidencia para diferenciar entre dosis máxima tolerable, dosis recomendada y dosis mínima efectiva, entendida esta última como la menor cantidad que puede contribuir al rendimiento sin superar la capacidad práctica y gastrointestinal del corredor.

2.2. Marco conceptual

Carbohidratos.

Los carbohidratos son macronutrientes con función energética prioritaria durante el ejercicio prolongado, especialmente cuando la intensidad requiere una producción rápida de energía. En maratonistas, su disponibilidad permite sostener el esfuerzo, mantener la glucosa sanguínea y retrasar la disminución del rendimiento asociada al agotamiento de sustratos energéticos (Hawley & Leckey, 2015).

Suplementación con carbohidratos.

La suplementación con carbohidratos se refiere al consumo planificado de fuentes de carbohidratos antes o durante el ejercicio, con el objetivo de aportar energía exógena, preservar parcialmente las reservas internas y favorecer la continuidad del rendimiento en actividades de resistencia (Jeukendrup, 2008).

Dosis de carbohidratos.

La dosis de carbohidratos corresponde a la cantidad administrada en un periodo determinado, generalmente expresada en gramos por hora. En deportes de resistencia, esta medida permite comparar estrategias nutricionales y valorar si una ingesta resulta baja, moderada, alta o excesiva según la duración y exigencia de la competencia (Urdampilleta et al., 2020).

Dosis mínima efectiva.

En esta investigación, el concepto de dosis mínima efectiva no se interpreta como la menor cantidad absoluta de carbohidratos que un corredor puede consumir, sino como la menor cantidad capaz de sostener una respuesta funcional relevante sin incrementar de forma innecesaria el riesgo de síntomas gastrointestinales o de incumplimiento durante carrera. Por ello, su análisis exige integrar tres criterios: suficiencia energética, tolerancia digestiva y aplicabilidad práctica. Las revisiones recientes sobre dosis elevadas muestran que las ingestas superiores a 90 g/h pueden tener utilidad en atletas entrenados y adaptados, pero no deben reemplazar el razonamiento individualizado que busca una dosis viable, repetible y compatible con el ritmo competitivo (Cao et al., 2025; Plews et al., 2026; Podlogar & Wallis, 2022).

La dosis mínima efectiva se entiende como la menor cantidad de carbohidratos que puede asociarse con mantenimiento o mejora del rendimiento, sin generar una carga gastrointestinal innecesaria. En esta investigación no se considera una cifra fija, sino un criterio dependiente del tipo de prueba, el corredor, la tolerancia digestiva y la respuesta funcional observada en la literatura (Newell et

al., 2015).

Maratonistas.

Los maratonistas son corredores que participan en pruebas de maratón, una competencia de 42,195 km que exige sostener una intensidad submáxima durante un tiempo prolongado. Su desempeño depende de la capacidad aeróbica, la economía de carrera, la resistencia muscular, la regulación del ritmo, la disponibilidad energética sostenida y la tolerancia gastrointestinal a las estrategias nutricionales aplicadas durante la carrera (Braschler et al., 2025; Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

Rendimiento deportivo en maratonistas.

El rendimiento deportivo en maratonistas se expresa en la capacidad de sostener un ritmo competitivo durante 42,195 km. Puede evaluarse mediante tiempo final, ritmo promedio, velocidad, percepción subjetiva del esfuerzo, fatiga acumulada, mantenimiento del desempeño en la segunda mitad de la competencia o capacidad de conservar parámetros fisiológicos útiles a medida que avanza la fatiga (Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

Glucógeno muscular.

El glucógeno muscular es la forma de almacenamiento de carbohidratos en el músculo esquelético. Durante la carrera prolongada, constituye una fuente energética relevante para mantener la contracción muscular, sobre todo cuando la intensidad aumenta o cuando el corredor requiere sostener ritmos competitivos (Leckey et al., 2016).

Glucosa sanguínea.

La glucosa sanguínea representa la disponibilidad inmediata de carbohidratos circulantes para ser utilizados como energía. En competencias prolongadas, su mantenimiento es importante porque una reducción marcada puede asociarse con fatiga, pérdida de intensidad y deterioro del rendimiento (Kojima et al., 2022).

Oxidación exógena de carbohidratos.

La oxidación exógena de carbohidratos es el proceso mediante el cual el organismo utiliza como energía los carbohidratos ingeridos durante el ejercicio. Su magnitud depende de la dosis administrada, el tipo de carbohidrato, la absorción intestinal y la forma de presentación del suplemento (Podlogar et al., 2022).

Carbohidratos de transporte múltiple.

Los carbohidratos de transporte múltiple son combinaciones de diferentes carbohidratos, como glucosa y fructosa, que utilizan vías de absorción intestinal distintas. Esta estrategia puede facilitar una mayor absorción y utilización energética durante esfuerzos prolongados, siempre que exista adecuada tolerancia digestiva (Wilson & Ingraham, 2015).

Timing nutricional.

El timing nutricional se refiere al momento en que se administra una estrategia de alimentación o suplementación en relación con la competencia. En maratonistas, no solo importa la cantidad total consumida, sino también cuándo se ingiere, con qué frecuencia y en qué fase del esfuerzo se aplica la estrategia (Jiménez-Alfageme et al., 2025).

Tolerancia gastrointestinal.

La tolerancia gastrointestinal debe analizarse como una variable moduladora de la dosis, no como un aspecto secundario. Un maratonista puede conocer las recomendaciones y aun así reducir su ingesta si presenta náuseas, distensión, urgencia defecatoria, dolor abdominal o rechazo al producto utilizado. Scrivin et al. (2023) mostraron que muchos deportistas de resistencia reconocen el valor de los carbohidratos para el rendimiento, pero las molestias gastrointestinales condicionan sus prácticas. A su vez, Zhao et al. (2025) reportaron síntomas gastrointestinales durante carreras en corredores recreativos de larga distancia, asociados con alimentos ricos en grasa, proteína, fibra o carbohidratos fermentables y con el momento de la comida previa a la competencia.

La tolerancia gastrointestinal es la capacidad del corredor para consumir, digerir y absorber carbohidratos durante el ejercicio sin presentar síntomas digestivos que interfieran con la estrategia nutricional o el rendimiento. Este concepto es clave porque una dosis energéticamente útil puede ser poco aplicable si produce molestias durante la competencia (Rauch et al., 2022).

Síntomas gastrointestinales.

Los síntomas gastrointestinales son molestias digestivas que pueden aparecer durante carreras prolongadas, como náuseas, distensión abdominal, dolor gástrico, reflujo, diarrea o urgencia defecatoria. Estas manifestaciones pueden reducir la ingesta voluntaria, alterar el ritmo de carrera o comprometer la continuidad del esfuerzo (Zhao et al., 2025).

Entrenamiento intestinal.

El entrenamiento intestinal es una estrategia mediante la cual el corredor practica de manera progresiva la ingesta de carbohidratos durante sesiones de entrenamiento, con el propósito de mejorar la tolerancia digestiva y facilitar la aplicación de la pauta nutricional durante la competencia (King et al., 2022).

Aplicabilidad práctica de la suplementación.

La aplicabilidad práctica implica que la estrategia pueda ejecutarse en condiciones reales de maratón. No basta con calcular gramos por hora; debe considerarse cuántos geles o bebidas necesita transportar el corredor, con qué

frecuencia puede ingerirlos, cuánto líquido requiere para acompañarlos, si el sabor se tolera durante la fatiga y si los puntos de hidratación permiten mantener el plan. La evidencia reciente muestra diferencias entre intención e ingesta real, así como brechas entre conocimiento nutricional y práctica competitiva, lo que obliga a valorar la suplementación como conducta planificada y entrenada, no solo como prescripción numérica (Chen et al., 2025; Jiménez-Alfageme et al., 2025; Lanpir et al., 2025).

La aplicabilidad práctica se refiere a la posibilidad real de ejecutar una estrategia nutricional durante la carrera. Depende de factores como tolerancia, disponibilidad de productos, facilidad de consumo, sabor, hidratación, experiencia previa, logística de abastecimiento y adherencia del corredor a la pauta planificada (Lanpir et al., 2025).

2.3. Marco teórico

2.3.1. Fundamentos fisiológicos del rendimiento en maratonistas

El rendimiento en maratonistas no depende de una única capacidad fisiológica, sino de la integración entre consumo máximo de oxígeno, umbral de lactato, economía de carrera, resistencia neuromuscular, regulación del ritmo y disponibilidad energética durante el esfuerzo. En maratón, el atleta necesita sostener una intensidad submáxima durante un tiempo prolongado, lo que obliga al organismo a mantener un equilibrio funcional entre sistema cardiovascular, metabolismo muscular, sistema respiratorio, termorregulación, función gastrointestinal y control neuroendocrino. Por esta razón, el rendimiento en maratón no puede interpretarse solamente como “capacidad aeróbica”, sino como la habilidad de conservar parámetros fisiológicos útiles a medida que avanza la fatiga competitiva (Braschler et al., 2025).

Desde una perspectiva aplicada, los marcadores clásicos del rendimiento de resistencia incluyen el consumo máximo o pico de oxígeno, la fracción de ese consumo que el corredor puede sostener cerca del umbral de lactato y la economía de carrera. Hunter y Muniz-Pumares analizaron la durabilidad de estos parámetros en maratonistas, entendida como la capacidad de resistir el deterioro fisiológico después de una carga prolongada. En ese estudio, 18 participantes del Maratón de Londres 2024, con edad promedio de 41 ± 12 años y tiempo final aproximado de $3:17 \pm 0:32$ h:min, fueron evaluados en estado fresco y después de una carrera de 90 minutos a velocidad de umbral de lactato. El aporte de este trabajo es relevante porque muestra que no basta con medir al corredor en reposo o en condiciones iniciales: en maratón, lo determinante es cuánto se deterioran sus variables

fisiológicas cuando ya existe fatiga acumulada (Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

La economía de carrera representa otro componente decisivo, porque describe el costo energético de desplazarse a una velocidad determinada. Dos corredores con consumo máximo de oxígeno similar pueden presentar rendimientos distintos si uno requiere menos energía para sostener el mismo ritmo. En pruebas de maratón, una economía de carrera eficiente permite conservar sustratos energéticos y reducir el deterioro asociado a la fatiga, especialmente en la segunda mitad de la competencia. Esto explica por qué la suplementación con carbohidratos no debe analizarse de manera aislada, ya que su utilidad depende de cómo contribuye a sostener el ritmo, preservar la función muscular y evitar una caída temprana en la eficiencia del corredor (Hunter & Muniz-Pumares, 2025).

En carreras prolongadas, la fatiga no es únicamente una sensación subjetiva, sino una manifestación funcional asociada con alteraciones metabólicas, neuromusculares, gastrointestinales y musculoesqueléticas. En el maratón, estos mecanismos se expresan como pérdida progresiva de ritmo, aumento de la percepción del esfuerzo, deterioro de la economía de carrera y reducción de la capacidad para sostener la intensidad en los kilómetros finales. Aunque algunas evidencias provienen de pruebas más prolongadas, como ultramaratón, su utilidad para esta investigación es complementaria y debe interpretarse con cautela, ya que el eje poblacional del trabajo corresponde a maratonistas (John et al., 2025).

Braschler et al. (2025) señalan que el maratón produce respuestas sistémicas que comprometen de manera transitoria diversos órganos y sistemas, incluyendo el aparato musculoesquelético, el metabolismo, el sistema gastrointestinal, la función renal, la respuesta inflamatoria y el equilibrio endocrino. Esta visión integradora es útil porque muestra que el rendimiento no depende únicamente de la capacidad aeróbica. El maratonista debe sostener una carga fisiológica prolongada mientras regula temperatura, hidratación, disponibilidad energética, daño muscular y tolerancia digestiva. En ese escenario, la suplementación con carbohidratos actúa como una estrategia de soporte metabólico, pero su efecto final depende de la interacción con múltiples sistemas corporales.

La disponibilidad de carbohidratos adquiere importancia dentro de este marco fisiológico porque, durante ejercicios prolongados e intensos, los atletas entrenados compiten a intensidades que dependen en gran medida del metabolismo de carbohidratos. Hawley y Leckey sostienen que, en eventos de resistencia de hasta aproximadamente 3 horas, los carbohidratos constituyen el combustible predominante para el músculo activo cuando el esfuerzo se realiza a intensidad competitiva. Este planteamiento es fundamental para la presente tesis, porque justifica que la discusión sobre dosis mínima efectiva no parta de una moda

nutricional, sino de una necesidad fisiológica: sostener la disponibilidad de un sustrato que se vuelve crítico cuando la intensidad aumenta y el corredor necesita mantener el ritmo (Hawley & Leckey, 2015).

No obstante, reconocer la importancia de los carbohidratos no significa asumir que todo corredor requiere la dosis más alta disponible. La fisiología del rendimiento en maratón obliga a diferenciar entre necesidad energética, capacidad de absorción, tolerancia digestiva y utilidad práctica. Una dosis elevada puede favorecer la disponibilidad de sustrato en corredores adaptados, pero también puede ser innecesaria o poco tolerable en otros contextos. En consecuencia, el fundamento fisiológico del presente estudio se apoya en una premisa crítica: la suplementación con carbohidratos debe buscar sostener el rendimiento real del corredor, no únicamente maximizar la cantidad ingerida. Por ello, la dosis mínima efectiva debe interpretarse como una estrategia de equilibrio entre demanda metabólica, duración del esfuerzo, intensidad competitiva y tolerancia individual (Hawley & Leckey, 2015; Braschler et al., 2025).

2.3.2. Bioenergética de la carrera prolongada: interacción entre carbohidratos y grasas

La carrera de maratón se sostiene mediante una interacción continua entre el metabolismo de carbohidratos y grasas, pero la contribución relativa de cada sustrato cambia según la intensidad, la duración del esfuerzo, el nivel de entrenamiento y la disponibilidad previa de energía. En esfuerzos de baja a moderada intensidad, la oxidación de grasas puede aportar una fracción importante de la energía; sin embargo, cuando el corredor aumenta la intensidad, sostiene ritmos competitivos o enfrenta cambios de ritmo, la dependencia de carbohidratos se incrementa debido a que este sustrato permite una producción de energía más rápida por unidad de tiempo. Esta diferencia es relevante para el presente estudio, porque la suplementación con carbohidratos no busca reemplazar por completo el uso de grasas, sino sostener la disponibilidad de un sustrato crítico cuando la demanda energética supera lo que la oxidación lipídica puede cubrir con suficiente rapidez (Hawley & Leckey, 2015).

En términos fisiológicos, las grasas ofrecen una reserva energética amplia, pero su utilización durante el ejercicio prolongado exige mayor disponibilidad de oxígeno y una velocidad de producción energética menor en comparación con los carbohidratos. Esta característica explica por qué un corredor puede depender más de la oxidación lipídica en fases de menor intensidad, pero necesita carbohidratos cuando pretende mantener una velocidad alta o responder a demandas competitivas. Por ello, aunque la adaptación metabólica hacia una mayor utilización

de grasas puede mejorar ciertos marcadores de flexibilidad metabólica, no necesariamente garantiza un mejor rendimiento en carrera prolongada cuando la prueba exige sostener intensidades elevadas o cambios de ritmo. En este punto, la discusión no debe plantearse como una oposición absoluta entre carbohidratos y grasas, sino como una relación dinámica en la que ambos sustratos participan, pero con funciones distintas según el contexto de la competencia (Leckey et al., 2016).

La disponibilidad de carbohidratos debe interpretarse dentro de una lógica de periodización nutricional. Podlogar y Wallis (2022) plantean que el atleta de resistencia puede ajustar la ingesta de carbohidratos según las demandas del entrenamiento o de la competencia; sin embargo, las sesiones de baja disponibilidad no deben confundirse con la estrategia de carrera. Kripp et al. (2026) observaron que dietas bajas en carbohidratos pueden aumentar la oxidación de grasas y modificar la flexibilidad metabólica, pero estos cambios no se tradujeron de forma clara en una mejora del rendimiento. Por tanto, en maratón competitivo, el objetivo no es maximizar la oxidación grasa a expensas de la capacidad de sostener intensidad, sino equilibrar metabolismo endógeno y aporte exógeno.

La evidencia experimental ha mostrado que modificar la disponibilidad de ácidos grasos no siempre deteriora el rendimiento de carrera prolongada hasta la fatiga, lo cual sugiere que los corredores entrenados pueden adaptarse parcialmente a diferentes disponibilidades de sustratos. No obstante, este hallazgo no elimina la importancia de los carbohidratos, ya que la capacidad de sostener intensidades competitivas continúa dependiendo en gran medida del metabolismo glucolítico y de la disponibilidad de glucógeno. En otras palabras, una mayor oxidación de grasas puede contribuir a preservar carbohidratos en algunos escenarios, pero no sustituye completamente la función de los carbohidratos cuando el esfuerzo se acerca a intensidades propias de competencia (Leckey et al., 2016).

En la práctica deportiva, esta interacción explica por qué algunos enfoques nutricionales han explorado dietas altas en grasa o estrategias de baja disponibilidad de carbohidratos con el objetivo de mejorar la flexibilidad metabólica. Prins et al. (2023), por ejemplo, analizaron una dieta alta en grasa y observaron mejoras en parámetros de flexibilidad metabólica durante ejercicio progresivo hasta el agotamiento y pruebas contrarreloj de 5 km. Sin embargo, este tipo de evidencia debe interpretarse con cautela cuando se traslada a maratonistas, porque una prueba de 5 km tiene demandas distintas a una maratón o ultramaratón, y porque mejorar la flexibilidad metabólica no equivale necesariamente a optimizar la estrategia nutricional durante una competencia prolongada. Para esta tesis, el valor de estos hallazgos radica en reconocer que el metabolismo energético es adaptable, pero que la suplementación con carbohidratos sigue siendo especialmente relevante

cuando el objetivo es sostener rendimiento en esfuerzos prolongados de intensidad moderada a alta (Prins et al., 2023).

En la práctica deportiva, esta interacción explica por qué algunos enfoques nutricionales han explorado dietas altas en grasa o estrategias de baja disponibilidad de carbohidratos con el objetivo de mejorar la flexibilidad metabólica. Prins et al. (2023), por ejemplo, analizaron una dieta alta en grasa y observaron mejoras en parámetros de flexibilidad metabólica durante ejercicio progresivo hasta el agotamiento y pruebas contrarreloj de 5 km. Sin embargo, este tipo de evidencia debe interpretarse con cautela cuando se traslada a maratonistas, porque una prueba de 5 km tiene demandas distintas a una maratón, y porque mejorar la flexibilidad metabólica no equivale necesariamente a optimizar la estrategia nutricional durante una competencia prolongada. Para esta tesis, el valor de estos hallazgos radica en reconocer que el metabolismo energético es adaptable, pero que la suplementación con carbohidratos sigue siendo especialmente relevante cuando el objetivo es sostener rendimiento en esfuerzos prolongados de intensidad moderada a alta (Prins et al., 2023).

Durante competencias prolongadas, la disminución progresiva de la disponibilidad de carbohidratos puede favorecer el aumento de la percepción del esfuerzo y la reducción del ritmo, especialmente en fases avanzadas de la prueba. Este fenómeno es compatible con la lógica del “muro” del maratón, en el que el corredor experimenta una caída marcada del desempeño por la interacción entre agotamiento de glucógeno, fatiga neuromuscular, estrés térmico, daño muscular y factores perceptuales. Aunque la fatiga no depende exclusivamente de los carbohidratos, la disponibilidad de este sustrato puede influir en la capacidad de sostener la intensidad cuando la demanda fisiológica aumenta y el margen de compensación metabólica disminuye (Braschler et al., 2025).

Por tanto, la bioenergética de la carrera prolongada permite sostener una primera conclusión teórica: la suplementación con carbohidratos debe valorarse en relación con la intensidad y duración del esfuerzo, no como una recomendación uniforme. En maratonistas, la dosis mínima efectiva debe aproximarse considerando que los carbohidratos son especialmente determinantes cuando se busca sostener ritmo competitivo, cuando la prueba supera el tiempo en que las reservas internas pueden cubrir la demanda sin deterioro, y cuando el corredor tiene suficiente tolerancia gastrointestinal para utilizar la estrategia. Así, el problema no es elegir entre carbohidratos o grasas, sino identificar la menor dosis de carbohidratos que permita sostener el rendimiento sin exceder la capacidad práctica y digestiva del atleta (Hawley & Leckey, 2015; Naderi et al., 2023).

2.3.3. Glucógeno muscular, glucosa sanguínea y mantenimiento de la intensidad competitiva

El glucógeno muscular y la glucosa sanguínea representan dos componentes esenciales de la disponibilidad de carbohidratos durante el maratón. El glucógeno muscular actúa como reserva local para la contracción, mientras que la glucosa sanguínea permite mantener el suministro energético sistémico, especialmente cuando el esfuerzo se prolonga y las reservas internas comienzan a disminuir. En términos prácticos, un corredor puede iniciar la competencia con reservas relativamente adecuadas, pero si la ingesta durante el esfuerzo es insuficiente, la caída progresiva de la disponibilidad de carbohidratos puede comprometer la capacidad de sostener la intensidad, aumentar la percepción de esfuerzo y limitar la respuesta en fases finales de la carrera (Hawley & Leckey, 2015).

La relevancia del glucógeno muscular no radica solo en su función energética, sino en su relación con la intensidad que el corredor puede sostener. A medida que el esfuerzo se aproxima a intensidades competitivas, el músculo depende en mayor proporción de carbohidratos para producir energía a la velocidad requerida. Por ello, cuando el glucógeno disminuye de manera significativa, el corredor puede verse obligado a reducir el ritmo aunque todavía disponga de reservas de grasa. Esta situación explica por qué la estrategia de carbohidratos antes y durante la competencia tiene una función de soporte del rendimiento: no evita toda forma de fatiga, pero puede retrasar el deterioro asociado a la baja disponibilidad de sustrato glucídico (Leckey et al., 2016).

La glucosa sanguínea adquiere un papel particularmente importante cuando la duración del esfuerzo supera la capacidad de las reservas internas para sostener la demanda energética. En ultradistancia, Inamura et al. (2024) observaron que la ingesta de carbohidratos se relaciona con el desempeño en una carrera de 100 millas, y que las fluctuaciones glucémicas mostraron asociaciones con la velocidad de carrera. En los finalistas, las fluctuaciones de glucosa se correlacionaron negativamente con la velocidad, con $\rho = -0,612$ y $p = 0,012$, mientras que en corredores de menor rendimiento se observó una correlación positiva entre velocidad e ingesta de carbohidratos, con $\rho = 0,700$ y $p = 0,036$. Estos datos sugieren que la estabilidad energética durante la competencia puede ser más importante que la simple acumulación de consumo total, reforzando la necesidad de analizar dosis, timing y respuesta individual (Inamura et al., 2024).

La suplementación durante la competencia busca precisamente reducir el

impacto funcional de la caída de carbohidratos disponibles. Sin embargo, la ingesta exógena no sustituye por completo al glucógeno muscular, sino que complementa la disponibilidad energética mediante el aporte de carbohidratos que pueden ser absorbidos y oxidados durante el esfuerzo. Podlogar et al. (2022) compararon la ingesta combinada de fructosa y maltodextrina a 90 g/h y 120 g/h, observando que la dosis de 120 g/h incrementó la oxidación exógena de carbohidratos, aunque sin modificar de forma equivalente la oxidación endógena. Este hallazgo es importante porque muestra que aumentar la dosis puede elevar el uso de carbohidratos ingeridos, pero no necesariamente produce una respuesta lineal en todos los componentes del metabolismo energético (Podlogar et al., 2022).

La capacidad de oxidar carbohidratos exógenos depende de la absorción intestinal, el tipo de carbohidrato, la dosis y la tolerancia del atleta. Hearn et al. (2022) mostraron que el consumo de 120 g/h de glucosa-fructosa puede generar oxidación exógena comparable cuando se administra en diferentes formas, como líquido, gel, gomita o coingesta. Este dato es relevante para la práctica porque desplaza parte de la discusión desde la forma del producto hacia la cantidad, composición y tolerancia. No obstante, también indica que la administración de dosis altas exige estrategias previamente entrenadas, ya que la posibilidad de oxidar carbohidratos no garantiza automáticamente que el corredor pueda consumirlos con comodidad durante toda la competencia (Hearn et al., 2022).

La baja disponibilidad energética previa al ejercicio también puede modificar la respuesta al carbohidrato ingerido durante la actividad. Kojima et al. (2022) analizaron la oxidación de glucosa exógena durante ejercicio de resistencia bajo condiciones de baja disponibilidad energética, mostrando que el estado nutricional previo condiciona el uso metabólico del carbohidrato consumido durante el esfuerzo. Este punto es importante porque una dosis mínima efectiva durante competencia no se define únicamente por la ingesta intraesfuerzo; también depende de la alimentación previa, del almacenamiento de glucógeno, del estado energético del atleta y de la capacidad metabólica para utilizar el sustrato disponible (Kojima et al., 2022).

En consecuencia, la relación entre glucógeno, glucosa sanguínea y rendimiento permite comprender por qué la dosis mínima efectiva debe ser evaluada como un criterio dinámico. Una dosis puede ser suficiente en un corredor que inicia la prueba con buenas reservas, intensidad controlada y adecuada tolerancia intestinal, pero resulta insuficiente en otro atleta con mayor duración de esfuerzo, ritmo más alto, ingesta previa deficiente o menor estabilidad glucémica. Por ello, el análisis de la literatura debe diferenciar entre dosis absoluta, disponibilidad real de carbohidratos y respuesta funcional observada durante la competencia (Inamura et

2.3.4. Suplementación con carbohidratos durante la competencia: bases fisiológicas y aplicación deportiva

La suplementación con carbohidratos durante la competencia tiene como finalidad aportar sustrato energético exógeno en el momento en que las reservas internas comienzan a ser insuficientes para sostener la intensidad del esfuerzo. En eventos de resistencia, la fatiga suele relacionarse con deshidratación, reducción de carbohidratos disponibles y deterioro progresivo de la función neuromuscular; por ello, el consumo intraesfuerzo busca mantener la glucosa sanguínea, aumentar la oxidación de carbohidratos exógenos y retrasar la caída del rendimiento. En términos prácticos, esta estrategia cobra mayor relevancia cuando la duración supera 60 minutos, y especialmente cuando el evento se extiende más allá de 2,5 a 3 horas, porque en ese escenario la dependencia de la planificación nutricional se vuelve más marcada (Jeukendrup, 2011).

En estudios aplicados a maratonistas, la ingesta intraesfuerzo suele ubicarse por debajo de los rangos teóricos. Jiménez-Alfageme et al. (2025) reportaron una media de 35 ± 17 g/h durante la Maratón de Sevilla, mientras que Lanpir et al. (2025) observaron que los maratonistas consumieron menos carbohidratos que los ciclistas y sobreestimar su ingesta real. Estos datos son relevantes porque el concepto de dosis mínima efectiva debe partir de la conducta real del corredor. Una recomendación de 60-90 g/h puede ser fisiológicamente razonable, pero si el atleta solo logra consumir 20-35 g/h, el problema práctico es construir una progresión hacia una dosis útil y tolerable, no simplemente repetir el rango recomendado.

Las recomendaciones tradicionales para deportes de resistencia han señalado rangos aproximados de 30 a 60 g/h de carbohidratos durante el ejercicio, mientras que para eventos más prolongados se ha propuesto alcanzar hasta 90 g/h cuando se utilizan carbohidratos de transporte múltiple. Esta evolución es importante porque durante años se asumió que el límite de oxidación de carbohidratos ingeridos rondaba 1 g/min, equivalente a 60 g/h; sin embargo, la combinación de carbohidratos con diferentes transportadores intestinales permitió aumentar la tasa de utilización exógena. Aun así, estos valores deben interpretarse como rangos orientativos, no como dosis obligatorias para todos los corredores, porque la tolerancia gastrointestinal y la duración real de la prueba modifican la utilidad de cada cantidad (Jeukendrup, 2011).

Desde la aplicación deportiva, la suplementación con carbohidratos debe entenderse como una estrategia de continuidad energética, no como una intervención aislada. Un corredor puede consumir una cantidad adecuada en

términos teóricos, pero si la ingesta se concentra en pocos momentos, si el producto resulta difícil de tolerar, si no se acompaña de líquidos suficientes o si la pauta no fue entrenada previamente, el beneficio potencial puede disminuir. Por ello, el análisis de la dosis mínima efectiva debe considerar tres elementos en conjunto: la cantidad total ingerida, la distribución temporal durante la carrera y la capacidad del atleta para sostener esa pauta sin síntomas digestivos que alteren el ritmo competitivo (Jeukendrup, 2011; Rauch et al., 2022).

El interés reciente en dosis superiores a 90 g/h ha ampliado el debate, especialmente en eventos de montaña y ultra resistencia. Sin embargo, estudiar dosis altas no equivale a demostrar que esas dosis sean necesarias para todos los corredores. Más bien, estas investigaciones permiten identificar el techo de tolerancia y los posibles beneficios bajo condiciones específicas, como atletas entrenados, eventos prolongados, uso de carbohidratos múltiples y adaptación digestiva previa. Para el presente trabajo, este punto es central: la dosis mínima efectiva no se obtiene extrapolando la dosis más alta con resultados favorables, sino comparando qué cantidad produce un beneficio suficiente con menor carga digestiva y mayor aplicabilidad práctica (Viribay et al., 2020; Urdampilleta et al., 2020).

En consecuencia, la suplementación con carbohidratos durante la competencia debe analizarse desde una lógica de equilibrio. Si la dosis es baja, puede no cubrir la demanda energética del corredor, especialmente en pruebas largas o de alta intensidad. Si la dosis es excesiva o mal tolerada, puede aumentar el riesgo de molestias gastrointestinales y reducir la adherencia durante la carrera. Por ello, una prescripción técnicamente adecuada no debe limitarse a recomendar “más carbohidratos”, sino a definir cuánto, cuándo, en qué forma y bajo qué condiciones puede ser útil para sostener el rendimiento (Naderi et al., 2023; Ryan et al., 2024).

2.3.5. Relación dosis-respuesta: de las dosis moderadas a las ingestas elevadas de carbohidratos

La relación dosis-respuesta es uno de los puntos más importantes para esta investigación, porque permite diferenciar entre una dosis suficiente, una dosis óptima y una dosis elevada. En nutrición deportiva de resistencia, el error metodológico sería asumir que el mayor aporte de carbohidratos siempre produce mayor rendimiento. La evidencia muestra una realidad más compleja: algunas dosis moderadas pueden mejorar el desempeño frente a placebo o ingesta nula, mientras que dosis más altas pueden aportar ventajas en escenarios exigentes, pero también pueden aumentar la carga gastrointestinal si no existe adaptación previa. Por eso, la

revisión de la literatura debe analizar tanto el beneficio funcional como la tolerancia y aplicabilidad de cada rango de ingesta (Newell et al., 2015; Urdampilleta et al., 2020). Un antecedente útil para discutir dosis moderadas es el estudio de Newell et al. (2015), aunque fue realizado en ciclistas y no en corredores. En ese trabajo, la ingesta de 39 y 64 g/h de carbohidratos fue igualmente efectiva para mejorar el rendimiento de resistencia frente a un control de 0 g/h, mientras que 20 g/h no alcanzó significancia estadística frente al control. Además, las mejoras promedio reportadas frente al control fueron cercanas a -6,1 % para 39 g/h y -6,5 % para 64 g/h, sin diferencias relevantes entre ambas dosis. Aunque esta evidencia no debe trasladarse de forma directa al running, sí aporta una idea relevante para el concepto de dosis mínima efectiva: en algunos contextos, una dosis intermedia puede producir beneficios similares a una dosis mayor (Newell et al., 2015).

En corredores de montaña, la evidencia con dosis elevadas ha mostrado resultados diferentes. Urdampilleta et al. (2020) compararon 60, 90 y 120 g/h de carbohidratos durante una maratón de montaña, encontrando que el grupo con 120 g/h presentó menores cambios en variables neuromusculares y metabólicas asociadas a fatiga y recuperación. Entre los resultados reportados se observaron diferencias significativas en salto con contramovimiento con brazos, altura de salto, fuerza en media sentadilla, fatiga y lactato, con valores de p entre 0,012 y 0,041. Este estudio es relevante porque sugiere que, bajo una exigencia fisiológica alta, una dosis de 120 g/h puede favorecer la recuperación de la capacidad de carrera de alta intensidad 24 horas después del evento; sin embargo, no demuestra que 120 g/h sea la mínima dosis efectiva, sino que puede ser superior a 60 y 90 g/h en condiciones específicas de maratón de montaña (Urdampilleta et al., 2020).

La discusión actual sobre dosis altas exige cautela. Urdampilleta et al. (2020) reportaron beneficios funcionales con 120 g/h en una maratón de montaña, especialmente en fatiga neuromuscular y recuperación posterior; sin embargo, se trató de corredores élite, con condiciones específicas y preparación previa. De forma complementaria, Plews et al. (2026) advierten que la promoción general de ingestas superiores a 90 g/h no está suficientemente justificada para todos los atletas, porque los beneficios de rendimiento no siempre siguen una relación lineal con la dosis. Este contraste permite sostener que la dosis mínima efectiva debe ubicarse entre la suficiencia y la tolerabilidad, evitando asumir que la dosis más alta es automáticamente la más adecuada.

De manera complementaria, Viribay et al. (2020) analizaron el consumo de 120 g/h de carbohidratos durante una maratón de montaña en corredores élite y observaron que esta ingesta podría limitar el daño muscular inducido por el ejercicio,

evidenciado por marcadores como creatina quinasa, lactato deshidrogenasa y glutamato oxalacetato transaminasa, además de reducir la carga interna en comparación con ingestas de 60 y 90 g/h. Este dato amplía la discusión porque los carbohidratos no solo se vinculan con el tiempo final o el ritmo, sino también con respuestas de daño muscular y recuperación. No obstante, su aplicación debe ser prudente: atletas élite, montaña y alta exigencia no representan necesariamente al maratonista recreativo ni a todos los escenarios competitivos de maratón (Viribay et al., 2020).

La comparación entre estos estudios muestra que la dosis-respuesta no es lineal ni universal. En ciclismo, 39 y 64 g/h fueron similares para mejorar el rendimiento frente a control; en maratón de montaña, 120 g/h mostró ventajas sobre 60 y 90 g/h en fatiga neuromuscular y marcadores de recuperación. Esta aparente diferencia no debe interpretarse como contradicción, sino como evidencia de que el efecto de la dosis depende del deporte, duración, intensidad, daño muscular, condiciones ambientales, forma de administración y nivel del atleta. Por tanto, una revisión bibliográfica sobre dosis mínima efectiva debe evitar conclusiones rígidas y analizar los resultados según el contexto fisiológico y metodológico de cada estudio (Newell et al., 2015; Viribay et al., 2020; Urdampilleta et al., 2020).

Otro elemento importante es que la dosis alta puede mejorar la disponibilidad de carbohidratos exógenos, pero no siempre se traduce en una mejora proporcional del rendimiento. Podlogar et al. (2022) observaron que la ingesta combinada de fructosa y maltodextrina a 120 g/h aumentó la oxidación exógena frente a 90 g/h, pero la interpretación práctica de este resultado depende de si el atleta puede tolerar la dosis, sostenerla durante toda la competencia y convertir esa mayor oxidación en una ventaja funcional. Este punto es clave para la tesis: la dosis mínima efectiva debe considerar el umbral donde el beneficio empieza a ser relevante, no únicamente el punto donde la oxidación exógena alcanza valores superiores (Podlogar et al., 2022).

La lectura crítica de la dosis-respuesta permite sostener que las dosis elevadas pueden tener sentido en eventos prolongados, atletas entrenados y escenarios donde la demanda energética y muscular es alta. Sin embargo, para muchos maratonistas, la pregunta práctica no es cuál es la mayor dosis posible, sino cuál es la menor dosis que permite sostener el rendimiento sin generar molestias digestivas ni dificultar la ejecución de la estrategia. En este sentido, el concepto de dosis mínima efectiva surge como una alternativa más aplicable que la simple búsqueda de la dosis máxima tolerable (Rauch et al., 2022; Naderi et al., 2023).

2.3.6. Dosis mínima efectiva: aproximación teórica y utilidad en nutrición deportiva

La dosis mínima efectiva, aplicada a la suplementación con carbohidratos, puede entenderse como la menor cantidad que logra un efecto funcional relevante sobre el rendimiento o su mantenimiento, sin añadir una carga digestiva, logística o conductual innecesaria. Esta definición es especialmente útil en maratonistas porque la estrategia nutricional debe ejecutarse durante movimiento continuo, bajo fatiga, con estrés térmico, variaciones de ritmo y posible incomodidad gastrointestinal. Por tanto, una dosis técnicamente alta pero difícil de consumir no necesariamente es superior a una dosis menor que el corredor puede aplicar de forma constante durante la competencia (Rauch et al., 2022; Lanpir et al., 2025).

Desde esta perspectiva, la dosis mínima efectiva puede conceptualizarse como una zona de decisión y no como un número fijo. En maratonistas con tiempos cercanos o superiores a tres horas, una pauta moderada puede ser suficiente si se combina con adecuada carga previa de carbohidratos, inicio temprano de la suplementación y distribución estable de la ingesta. En atletas más rápidos o con mayor demanda energética, pueden justificarse ingestas superiores si existe entrenamiento intestinal y experiencia previa. La evidencia disponible permite entonces formular un criterio práctico: la dosis debe aumentar cuando la duración, intensidad y capacidad de oxidación lo exigen, pero debe reducirse o progresar gradualmente cuando la tolerancia gastrointestinal o la adherencia real son limitantes (Cao et al., 2025; Jiménez-Alfageme et al., 2025; Plews et al., 2026).

En la literatura, el concepto de dosis mínima efectiva no aparece siempre definido de manera explícita, pero puede inferirse al comparar estudios que evalúan rangos de ingesta distintos. Por ejemplo, la evidencia de Newell et al. (2015) sugiere que 39 g/h puede ser suficiente para mejorar el rendimiento frente a control en ciclistas entrenados, mientras que 64 g/h no aportó una ventaja adicional evidente en ese contexto. En contraste, los estudios de Urdampilleta et al. (2020) y Viribay et al. (2020) muestran beneficios de 120 g/h en maratón de montaña frente a 60 y 90 g/h en variables de fatiga, recuperación y daño muscular. Esta diferencia obliga a interpretar la dosis mínima efectiva como una construcción dependiente del contexto, no como una cifra trasladable de un estudio a otro (Newell et al., 2015; Viribay et al., 2020; Urdampilleta et al., 2020).

Desde la práctica profesional, estimar una dosis mínima efectiva tiene varias ventajas. Primero, permite evitar ingestas insuficientes que puedan favorecer fatiga

temprana o pérdida de ritmo. Segundo, reduce el riesgo de indicar cantidades excesivas que el corredor no tolera o no puede sostener durante la carrera. Tercero, facilita individualizar la prescripción según duración del evento, nivel competitivo, experiencia previa, tipo de producto y síntomas digestivos. Finalmente, ayuda a diferenciar entre “dosis con evidencia de beneficio” y “dosis necesaria para un corredor concreto”, distinción que suele perderse cuando las recomendaciones se aplican de manera uniforme (Ryan et al., 2024; Mlinaric & Mohorko, 2025).

El criterio de dosis mínima efectiva también permite integrar el rendimiento con la tolerancia gastrointestinal. En la práctica, una dosis que mejora la disponibilidad de glucosa o aumenta la oxidación exógena puede no ser aplicable si provoca distensión, náuseas, dolor abdominal o urgencia defecatoria. Zhao et al. (2025) reportaron que 26,1 % de corredores recreativos de larga distancia presentó síntomas gastrointestinales durante las carreras, con distensión abdominal en 18,6 %, urgencia defecatoria en 17,8 % y dolor gástrico en 16,5 %. Estos datos muestran que la tolerancia digestiva no es un detalle secundario, sino un componente que puede definir si una dosis es realmente útil en competencia (Zhao et al., 2025).

Otro aspecto relevante es la brecha entre ingesta planificada e ingesta real. En corredores de resistencia, la fatiga, el rechazo al sabor, la dificultad para transportar productos, la concentración de las bebidas y el miedo a molestias gastrointestinales pueden hacer que el atleta consuma menos de lo previsto. Lanpir et al. (2025) describieron discrepancias entre consumo estimado y consumo real de carbohidratos, lo que refuerza la necesidad de que las recomendaciones sean aplicables y verificables. Desde esta perspectiva, una dosis mínima efectiva no solo debe funcionar en un protocolo experimental, sino que debe ser posible de ejecutar en condiciones reales de competencia (Lanpir et al., 2025).

En consecuencia, para esta investigación, la dosis mínima efectiva no será tratada como una cifra cerrada, sino como un criterio analítico construido a partir de la evidencia. Su estimación debe considerar al menos cinco componentes: la dosis expresada en g/h, el tipo de carbohidrato utilizado, el momento y frecuencia de ingesta, el tipo de maratón y la tolerancia gastrointestinal. A partir de esta lógica, una misma cantidad puede ser adecuada para un maratonista y no para otro; del mismo modo, una dosis puede ser suficiente en maratón de ruta, pero requerir ajustes en maratón de montaña por diferencias de duración, desnivel, intensidad relativa, disponibilidad de abastecimiento y tolerancia digestiva. Esta interpretación permite que el marco teórico avance hacia una prescripción más individualizada y menos dependiente de rangos generales (Naderi et al., 2023; Rauch et al., 2022).

2.3.7. Tipo de carbohidrato y transporte intestinal: glucosa, fructosa, maltodextrina y combinaciones múltiples

El tipo de carbohidrato utilizado durante la competencia influye directamente en la absorción intestinal, la oxidación exógena y la tolerancia gastrointestinal. Durante años, la suplementación intraesfuerzo se centró principalmente en glucosa, sacarosa, maltodextrina o bebidas deportivas convencionales; sin embargo, el límite práctico de absorción y oxidación de carbohidratos ingeridos llevó a estudiar combinaciones que utilizaran más de una vía de transporte intestinal. En este contexto, la glucosa y la maltodextrina dependen principalmente del transportador intestinal SGLT1, mientras que la fructosa utiliza GLUT5, lo que permite explicar por qué las mezclas glucosa-fructosa o maltodextrina-fructosa pueden aumentar la disponibilidad de carbohidratos exógenos durante esfuerzos prolongados en comparación con fuentes basadas en un solo carbohidrato (Jeukendrup, 2008).

La importancia de los carbohidratos de transporte múltiple radica en que permiten superar parcialmente el límite de utilización observado con fuentes únicas de glucosa. En términos prácticos, las recomendaciones históricas han planteado ingestas cercanas a 30–60 g/h para esfuerzos prolongados, mientras que en eventos de mayor duración se ha propuesto alcanzar hasta 90 g/h cuando se utilizan combinaciones de carbohidratos con diferentes rutas de absorción. Este punto es relevante para la presente investigación porque la discusión sobre dosis mínima efectiva no puede limitarse a la cantidad total expresada en gramos por hora; también debe considerar si esos gramos provienen de una fuente única o de una mezcla capaz de mejorar la absorción y reducir la acumulación intestinal de carbohidratos no absorbidos (Jeukendrup, 2011).

La combinación de glucosa y fructosa también se ha estudiado por su posible efecto sobre el confort gastrointestinal y el rendimiento. Wilson e Ingraham (2015) plantearon que la ingesta combinada de glucosa-fructosa probablemente mejora la comodidad gastrointestinal y el rendimiento de carrera de resistencia en comparación con glucosa sola. Este antecedente es relevante porque permite comprender que el tipo de carbohidrato puede modificar la tolerancia de una misma dosis. Así, dos estrategias con igual cantidad total de carbohidratos pueden producir respuestas distintas si una genera mayor absorción y menor permanencia intestinal del sustrato, mientras que otra favorece molestias digestivas por saturación de transportadores o mala distribución de la ingesta (Wilson & Ingraham, 2015).

La elección del tipo de carbohidrato también está relacionada con la forma de

administración. Las bebidas deportivas pueden facilitar una ingesta simultánea de líquidos y carbohidratos, pero su concentración debe ser compatible con el vaciamiento gástrico y con la tolerancia del corredor. Los geles aportan una dosis concentrada y fácil de transportar, aunque suelen requerir agua para reducir molestias. Los alimentos naturales, como plátano, miel o pasas, pueden ser útiles en ciertos contextos, pero durante una maratón de ruta pueden ser menos prácticos que en eventos con pausas o ritmos más variables. Por ello, la fuente ideal no es universal: depende del ritmo de carrera, puntos de abastecimiento, hábito alimentario, costo, palatabilidad y respuesta digestiva individual (Naderi et al., 2023; Podlogar & Wallis, 2022).

En estudios con dosis elevadas, la mezcla de fructosa y maltodextrina ha cobrado especial importancia. Podlogar et al. (2022) compararon la ingesta combinada de fructosa-maltodextrina a 90 g/h y 120 g/h, observando que la dosis de 120 g/h incrementó la oxidación exógena de carbohidratos frente a 90 g/h, aunque sin una modificación proporcional de la oxidación endógena. Este hallazgo es útil para la tesis porque muestra que una mayor dosis puede aumentar el uso del carbohidrato ingerido, pero también obliga a distinguir entre mayor oxidación exógena y mayor rendimiento. Desde la lógica de dosis mínima efectiva, no basta con demostrar que el organismo puede oxidar más carbohidrato; es necesario establecer si ese aumento se traduce en beneficio funcional, tolerancia y aplicabilidad durante competencia (Podlogar et al., 2022).

La fructosa, aunque útil en combinación con glucosa o maltodextrina, también puede ser problemática si se administra en cantidades elevadas o sin adaptación previa. Su absorción individual puede variar entre corredores y, cuando existe malabsorción parcial, puede contribuir a síntomas como distensión, dolor abdominal o diarrea. Por esta razón, las mezclas de carbohidratos deben evaluarse como herramientas de optimización, no como fórmulas universales. En una revisión orientada a dosis mínima efectiva, este punto es fundamental: una dosis puede ser metabólicamente conveniente, pero si su composición favorece síntomas gastrointestinales en determinados atletas, su utilidad práctica disminuye (Convit et al., 2024).

La maltodextrina, por su parte, se utiliza con frecuencia en productos deportivos porque permite aportar carbohidratos con menor dulzor y con buena estabilidad en soluciones o geles. Al combinarse con fructosa, puede favorecer una tasa superior de oxidación exógena en comparación con estrategias de carbohidrato único. No obstante, su efecto depende de la dosis total, la concentración del producto, la cantidad de líquido ingerido y la tolerancia individual. Por tanto, el tipo de carbohidrato debe interpretarse como un componente modulador de la dosis, ya

que 60 g/h de una fuente única no son equivalentes, desde el punto de vista fisiológico y digestivo, a 60 g/h o 90 g/h de una mezcla formulada para utilizar transportadores intestinales distintos (Hearris et al., 2022).

Desde el posicionamiento de esta investigación, las combinaciones de carbohidratos de transporte múltiple representan una estrategia relevante para eventos prolongados, pero no eliminan la necesidad de individualizar la dosis. En maratonistas, el objetivo no debe ser alcanzar automáticamente la mayor ingesta posible, sino identificar la menor cantidad que sostenga el rendimiento con adecuada tolerancia. Por ello, el tipo de carbohidrato debe ser considerado junto con la duración de la prueba, el ritmo competitivo, la experiencia previa del corredor y la respuesta gastrointestinal observada durante entrenamientos o competencias previas (Naderi et al., 2023).

2.3.8. Formas de administración: bebidas, geles, gomitas, hidrogeles y alimentos naturales

La forma de administración de los carbohidratos es un componente práctico decisivo en maratonistas, porque el atleta debe consumir el suplemento mientras corre, bajo fatiga, con variaciones de ritmo y, muchas veces, con acceso limitado a puntos de abastecimiento. Las formas más empleadas incluyen bebidas deportivas, geles, gomitas, barras, hidrogeles y alimentos naturales o semisólidos. Aunque todas pueden aportar carbohidratos, no todas tienen la misma facilidad de consumo, concentración, necesidad de acompañamiento con agua, velocidad de vaciamiento gástrico o tolerancia digestiva. Por tanto, la dosis mínima efectiva no puede analizarse solo desde los gramos por hora; también debe considerarse si esa cantidad puede ser consumida de forma cómoda y sostenida durante la competencia (Hearris et al., 2022).

Hearris et al. (2022) aportaron evidencia relevante al comparar la oxidación exógena de carbohidratos cuando se consumían 120 g/h de glucosa-fructosa en diferentes formas, incluyendo bebida, gel, gomita y una ingesta mixta. El estudio observó que las distintas formas podían producir oxidación exógena comparable cuando la dosis y la composición eran equivalentes. Este hallazgo es importante porque sugiere que la forma del producto no siempre modifica de manera sustancial la utilización metabólica si la mezcla de carbohidratos está bien diseñada; sin embargo, desde la práctica deportiva, la elección de la forma sigue siendo importante porque afecta tolerancia, palatabilidad, facilidad de transporte y adherencia durante la carrera (Hearris et al., 2022).

Las bebidas deportivas tienen la ventaja de combinar aporte energético e hidratación, pero su utilidad depende de la concentración de carbohidratos y del

volumen consumido. Una bebida muy concentrada puede aumentar la carga gastrointestinal, mientras que una bebida muy diluida puede obligar al corredor a ingerir grandes volúmenes para alcanzar la dosis prevista. Este punto es relevante porque, en competencias de larga duración, la estrategia de carbohidratos suele estar vinculada con la ingesta de líquidos; por ello, una planificación inadecuada puede generar tanto consumo insuficiente de energía como problemas asociados a hidratación excesiva o mal distribuida. Así, el uso de bebidas deportivas requiere equilibrar carbohidratos, fluidos, electrolitos y tolerancia individual (Namineni et al., 2021).

Los geles deportivos son una de las formas más utilizadas en carrera porque permiten concentrar carbohidratos en poco volumen y facilitan la planificación por unidades. Sin embargo, precisamente por su concentración, suelen requerir acompañamiento con agua para mejorar la tolerancia y favorecer el tránsito gastrointestinal. Martínez et al. (2024) exploraron el desarrollo de un gel bajo en fructosa para aplicación durante el ejercicio, lo que refleja una tendencia actual hacia productos diseñados no solo para aportar energía, sino también para reducir potenciales molestias digestivas. Este tipo de formulaciones resulta pertinente para la tesis porque muestra que la discusión contemporánea no se centra únicamente en la cantidad de carbohidratos, sino en la composición y tolerancia del producto (Martínez et al., 2024).

El enfoque de “alimentos primero” no elimina la utilidad de los suplementos, sino que ayuda a integrarlos de forma racional. Naderi et al. (2023) indican que varios alimentos ricos en carbohidratos pueden ser útiles antes y después del ejercicio, mientras que durante el esfuerzo deben valorarse transporte, volumen, digestibilidad y riesgo de malestar. En el maratón, esta distinción es importante: antes de competir, el corredor puede cubrir parte de sus necesidades con comida habitual; durante la carrera, en cambio, suele requerir fuentes compactas, conocidas y entrenadas. Así, la estrategia más aplicable suele combinar carga previa con alimentos tolerados y suplementación intraesfuerzo mediante formatos prácticos.

Los hidrogeles han sido propuestos como una alternativa para mejorar la entrega intestinal de carbohidratos y reducir síntomas gastrointestinales. Rowe et al. (2021) reportaron que un hidrogel de glucosa-fructosa podía mejorar el rendimiento, la oxidación exógena y la tolerancia gastrointestinal en condiciones específicas de ejercicio. No obstante, King et al. (2020) observaron que algunos productos de hidrogel no mejoraron el rendimiento ni redujeron el malestar gastrointestinal durante ejercicio de resistencia de intensidad moderada. La comparación entre ambos estudios es relevante porque evita una interpretación acrítica de los productos comerciales: una formulación puede ser prometedora, pero su beneficio

depende del contexto, la dosis, la intensidad, la población y el protocolo utilizado (Rowe et al., 2021; King et al., 2020).

Las gomitas o “jelly chews” representan otra forma de administración utilizada en resistencia, especialmente por su facilidad de dosificación y aceptación sensorial. Su ventaja principal es que permiten fraccionar el consumo, lo cual puede ayudar a distribuir la ingesta a lo largo de la prueba. Sin embargo, al igual que los geles, pueden resultar difíciles de tolerar si se consumen en grandes cantidades, si requieren masticación durante intensidades altas o si no se acompañan de suficiente líquido. En este sentido, su valor no radica en ser superiores a otras formas, sino en ofrecer una alternativa que puede mejorar la adherencia en corredores que rechazan bebidas muy dulces o geles concentrados (Hearris et al., 2022).

Los alimentos naturales o mínimamente procesados también han sido evaluados como fuentes de carbohidratos durante la carrera. Reynolds et al. (2023) estudiaron el puré de manzana como fuente natural de fructosa y reportaron que podía proporcionar un apoyo equivalente al de una fuente cristalina de fructosa durante media maratón, sin incrementar síntomas gastrointestinales. Este antecedente se utiliza de forma complementaria, no como eje poblacional, porque permite discutir la forma de administración y la tolerancia de fuentes naturales de carbohidratos que podrían adaptarse al maratón. Para corredores que buscan estrategias de “food first” o que presentan rechazo a productos comerciales, algunas fuentes alimentarias pueden ser una alternativa viable, siempre que se controle la cantidad de carbohidratos, la fibra, la osmolaridad y la tolerancia individual (Reynolds et al., 2023).

En eventos de ultra resistencia, las estrategias reales suelen combinar bebidas, geles, alimentos sólidos, semisólidos y productos salados. Lavoué et al. (2020) observaron en corredores élite de 24 horas una ingesta energética total de $35,1 \pm 15,7$ MJ, con consumo de carbohidratos de $1,49 \pm 0,71$ kg durante la competencia, pero aun así el balance energético fue negativo en $-29,5 \pm 16,1$ MJ. Este dato muestra que, en eventos extremos, incluso una ingesta elevada puede no cubrir todo el gasto, por lo que la forma de administración debe facilitar la continuidad del aporte durante muchas horas. Además, el hecho de que 75 % de los atletas presentara síntomas gastrointestinales transitorios recuerda que la variedad de fuentes no elimina completamente el riesgo digestivo (Lavoué et al., 2020).

Desde la perspectiva de la dosis mínima efectiva, la forma de administración debe analizarse como un determinante de adherencia. Una dosis teóricamente adecuada puede fracasar si el corredor no puede transportarla, si no tolera su sabor, si necesita demasiada agua para consumirla o si interfiere con el ritmo de carrera.

Por eso, en la práctica, una estrategia con dosis moderada y alta adherencia puede ser más útil que una estrategia con dosis elevada y baja tolerancia. Este enfoque permite diferenciar entre disponibilidad nutricional planificada y disponibilidad realmente consumida durante la competencia (Lanpir et al., 2025).

2.3.9. Tolerancia gastrointestinal como factor limitante del rendimiento y de la suplementación

La tolerancia gastrointestinal constituye uno de los factores más importantes para definir la aplicabilidad de la suplementación con carbohidratos durante maratones. Durante el ejercicio prolongado, el flujo sanguíneo se redistribuye hacia el músculo activo y la piel, lo que puede reducir la perfusión esplácnica y alterar la motilidad, absorción y función de barrera intestinal. Cuando a este contexto se añade una ingesta elevada de carbohidratos, líquidos concentrados, fructosa, fibra, grasa o compuestos fermentables, el riesgo de síntomas digestivos puede aumentar. Por esta razón, la dosis mínima efectiva debe integrar el componente gastrointestinal como criterio de utilidad, no como una consecuencia secundaria (de Oliveira & Burini, 2014).

Los síntomas gastrointestinales pueden comprometer el rendimiento de distintas formas. En algunos maratonistas producen reducción voluntaria de la ingesta, lo que aumenta el riesgo de insuficiencia energética; en otros, obligan a disminuir el ritmo, modificar la estrategia de carrera o incluso abandonar. Arribalzaga et al. (2021) reportaron, en estudios de ultra-trail, prevalencias de síntomas gastrointestinales entre 65 % y 82 %, cifras que evidencian la magnitud del problema en eventos prolongados. Estos datos se consideran evidencia complementaria para el maratón, ya que muestran que la tolerancia digestiva puede ser tan determinante como la disponibilidad energética para sostener el desempeño (Arribalzaga et al., 2021).

La evidencia sobre síntomas gastrointestinales confirma que la cantidad de carbohidratos debe ajustarse a la tolerancia individual. Scrivin et al. (2022) describieron que los deportistas de resistencia utilizan diversas estrategias para manejar molestias digestivas, entre ellas reducción de fibra, evitación de lácteos, dieta baja en FODMAP y modificación del consumo de carbohidratos. En otro estudio, Scrivin et al. (2023) observaron que los atletas suelen reconocer correctamente las fuentes de carbohidratos y aceptar su utilidad para el rendimiento, pero esto no garantiza que logren aplicarlas sin síntomas. De ahí que el conocimiento nutricional sea necesario, pero insuficiente si no se acompaña de práctica, registro y ajuste individual.

Zhao et al. (2025) aportan datos específicos en corredores recreativos de

larga distancia. 26,1 % reportó síntomas gastrointestinales durante carreras, con distensión abdominal, urgencia defecatoria y dolor gástrico entre los síntomas más frecuentes. Los autores asociaron el malestar con alimentos ricos en grasa, proteína, fibra o carbohidratos fermentables, así como con comer dentro de los 30 minutos previos a la competición. En maratón, esta información es relevante porque una dosis adecuada de carbohidratos puede fracasar si se administra junto con alimentos de digestión lenta, exceso de fibra o productos no entrenados. La estrategia debe incluir qué consumir, cuánto consumir y cuándo evitar ciertos alimentos.

La evidencia en corredores recreativos también confirma que los síntomas digestivos no son exclusivos de atletas élite ni de pruebas extremas. Zhao et al. (2025) reportaron que 26,1 % de corredores recreativos de larga distancia presentó síntomas gastrointestinales durante las carreras; entre los síntomas más frecuentes se identificaron distensión abdominal en 18,6 %, urgencia defecatoria en 17,8 % y dolor gástrico en 16,5 %. Además, la prevalencia fue mayor en hombres que en mujeres, con 27,9 % frente a 20,8 %, y más elevada en corredores de 34 años o menos. Estos valores permiten comprender que la tolerancia digestiva debe incorporarse en la prescripción nutricional incluso en poblaciones no profesionales (Zhao et al., 2025).

La tolerancia gastrointestinal no depende únicamente de la dosis total de carbohidratos. También influyen el tipo de carbohidrato, la concentración de la solución, el volumen de líquido, la presencia de FODMAP, la osmolaridad, el entrenamiento intestinal, el estado de hidratación, el calor ambiental y la intensidad de carrera. Convit et al. (2024) muestran que la malabsorción de carbohidratos y los compuestos fermentables pueden participar en la aparición de síntomas, aunque no explican todos los casos. Este punto es importante porque evita una lectura reduccionista: no todo síntoma gastrointestinal durante la carrera se debe a “demasiados carbohidratos”, pero una mala selección de fuente, dosis o presentación puede aumentar el riesgo (Convit et al., 2024).

Rauch et al. (2022) aportan una mirada integrada al relacionar tolerancia alimentaria, disponibilidad de glucosa y oxidación de carbohidratos en corredores de resistencia. Su enfoque resulta pertinente porque permite analizar el problema desde tres dimensiones simultáneas: lo que el corredor ingiere, lo que el intestino tolera y lo que el organismo logra utilizar como energía. Esta perspectiva es útil para la tesis porque la dosis mínima efectiva no debería definirse solo por la cantidad administrada, sino por la cantidad que puede ser absorbida, oxidada y aplicada sin generar síntomas que deterioran el rendimiento (Rauch et al., 2022).

En eventos de resistencia prolongada, la presencia de síntomas digestivos

puede coexistir con ingestas energéticas elevadas. Lavoué et al. (2020) reportaron que 75 % de corredores élite de un evento de 24 horas presentó síntomas gastrointestinales transitorios, pese a que la ingesta total de carbohidratos fue de $1,49 \pm 0,71$ kg durante la competencia. Aunque este contexto excede la distancia del maratón, su utilidad para esta revisión es complementaria porque muestra que incluso atletas con alta experiencia pueden presentar molestias digestivas cuando la duración del evento, la fatiga y la carga nutricional son elevadas. Sin embargo, el carácter transitorio de los síntomas también sugiere que la tolerancia puede ser manejable cuando el atleta está adaptado y la estrategia se encuentra suficientemente practicada (Lavoué et al., 2020).

La prevención de síntomas gastrointestinales requiere una estrategia multifactorial. Mlinaric y Mohorko (2025) destacan intervenciones como entrenamiento intestinal, ajuste del tipo de carbohidrato, control de FODMAP en periodos previos, selección adecuada de bebidas o geles, y planificación de la ingesta según intensidad y duración. Estas medidas son relevantes porque permiten transformar una dosis teórica en una estrategia aplicable. En otras palabras, una cantidad de carbohidratos sólo puede considerarse efectiva si el corredor puede consumirla, tolerar y sostenerla durante la prueba sin que el aparato digestivo se convierta en el factor limitante del rendimiento (Mlinaric & Mohorko, 2025).

Desde el punto de vista de esta investigación, la tolerancia gastrointestinal es un filtro decisivo para definir la dosis mínima efectiva. Una dosis baja puede ser tolerable pero insuficiente; una dosis alta puede ser energéticamente atractiva pero poco aplicable; una dosis intermedia puede representar el mejor equilibrio para muchos corredores, siempre que se ajuste al evento y al historial individual. Por tanto, la dosis mínima efectiva debe interpretarse como la menor dosis capaz de sostener el rendimiento dentro del margen de tolerancia digestiva del corredor, y no como la dosis más alta que la literatura haya demostrado posible en escenarios específicos (Rauch et al., 2022; Zhao et al., 2025).

2.3.10. Entrenamiento intestinal y adaptación a la ingesta intraesfuerzo

El entrenamiento intestinal se ha propuesto como una estrategia para mejorar la capacidad del corredor de consumir carbohidratos durante el ejercicio sin desarrollar síntomas gastrointestinales que comprometan el rendimiento. En términos prácticos, consiste en exponer de manera progresiva al tracto gastrointestinal a la misma cantidad, tipo y forma de carbohidratos que se utilizarán en competencia, de modo que el corredor no enfrente una carga digestiva desconocida el día del evento. Esta estrategia es relevante porque la tolerancia gastrointestinal no depende únicamente de la fisiología basal del atleta, sino

también de la repetición, la familiaridad con el producto, la distribución de la ingesta y la adaptación a consumir energía mientras se corre (Mlinaric & Mohorko, 2025).

El entrenamiento intestinal adquiere especial importancia cuando el corredor pretende acercarse a dosis de 60-90 g/h o superiores. Arribalzaga et al. (2021) señalan que las dosis altas pueden ayudar a reducir fatiga y mejorar recuperación en eventos prolongados, pero su implementación requiere adaptación gastrointestinal. En la misma línea, Cao et al. (2025) destacan que la función digestiva y la tolerancia al carbohidrato son variables determinantes para que la suplementación sea efectiva. Por ello, entrenar la ingesta no debe limitarse a “probar un gel”, sino repetir en sesiones largas el horario, volumen, tipo de carbohidrato, cantidad de líquido y ritmo de consumo que se utilizará en competencia.

El fundamento del entrenamiento intestinal parte de que el aparato digestivo puede adaptarse parcialmente al consumo repetido de carbohidratos durante el ejercicio. En la práctica, dicha adaptación puede manifestarse como menor sensación de plenitud, mejor tolerancia al volumen ingerido, reducción de molestias digestivas y mayor confianza del corredor para sostener la pauta nutricional durante una competencia. Sin embargo, esta adaptación no debe interpretarse como una autorización automática para aumentar la dosis de forma indiscriminada, ya que el beneficio dependerá del tipo de carbohidrato, el estado de hidratación, la intensidad del ejercicio y la respuesta individual. Por ello, el entrenamiento intestinal debe ser visto como una herramienta para mejorar la aplicabilidad de la dosis, no como sustituto de una prescripción razonada (King et al., 2022).

King et al. (2022) evaluaron una estrategia combinada de dieta muy alta en carbohidratos y entrenamiento intestinal en atletas de resistencia altamente entrenados. El protocolo incluyó una estrategia “MAX” con dos semanas de dieta alta en carbohidratos más entrenamiento intestinal, carga aguda de carbohidratos y consumo de 90 g/h durante el ejercicio, comparada con una estrategia dentro del rango inferior de las recomendaciones actuales. Los autores reportaron efectos menores sobre el estado gastrointestinal y el rendimiento, aunque señalaron que las ingestas altas fueron toleradas tras la práctica previa. Este hallazgo es importante porque muestra que el entrenamiento intestinal puede facilitar la tolerancia, pero no necesariamente produce mejoras amplias si los atletas ya están altamente entrenados o consumen cantidades considerables de carbohidratos en su dieta habitual (King et al., 2022).

Desde la perspectiva de la dosis mínima efectiva, el entrenamiento intestinal cumple una función metodológica y práctica. Si un corredor no ha entrenado la ingesta durante sus sesiones largas, una dosis que en la literatura parece razonable puede resultar mal tolerada en competencia. Por el contrario, un atleta adaptado

puede sostener dosis más altas sin presentar síntomas relevantes. En consecuencia, la dosis mínima efectiva no debe estimarse únicamente a partir de estudios controlados, sino también considerando si el corredor ha practicado previamente la estrategia. Una dosis “efectiva” en condiciones experimentales puede dejar de serlo si el atleta no consigue consumirla durante la prueba real (Ryan et al., 2024).

Además, el entrenamiento intestinal permite reducir una de las principales brechas entre la planificación nutricional y el consumo real. En carreras prolongadas, el corredor puede iniciar con una pauta clara, pero abandonarla por fatiga, náuseas, rechazo al sabor, dificultad de transporte o miedo a molestias digestivas. Lanpir et al. (2025) describieron discrepancias entre la ingesta planificada y la ingesta efectivamente consumida, lo que refuerza que la adherencia es un componente crítico de cualquier estrategia de carbohidratos. Desde esta lógica, entrenar el intestino no solo busca mejorar la absorción, sino también aumentar la confianza y la regularidad del consumo durante la carrera (Lanpir et al., 2025).

Sin embargo, el entrenamiento intestinal tampoco debe plantearse como una solución única. Los síntomas gastrointestinales durante la carrera pueden estar condicionados por múltiples factores: intensidad, calor, deshidratación, ansiedad competitiva, ingesta de FODMAP, concentración del producto, volumen de líquido y estado nutricional previo. Por esta razón, entrenar la ingesta debe acompañarse de una evaluación individual del producto, la dosis, el horario y la respuesta digestiva. En el marco de esta investigación, el entrenamiento intestinal se interpreta como un factor que puede ampliar la tolerancia a carbohidratos, pero no elimina la necesidad de identificar la menor dosis realmente útil y aplicable para cada corredor (Convit et al., 2024).

En síntesis, la evidencia permite considerar que el entrenamiento intestinal es especialmente importante cuando se pretende utilizar dosis altas, cercanas o superiores a 90 g/h, o cuando el corredor ha tenido antecedentes de síntomas digestivos. No obstante, para el concepto de dosis mínima efectiva, su mayor aporte es permitir que la dosis seleccionada sea consumida de manera estable durante la competencia. De este modo, la efectividad no depende solo de la cantidad prescrita, sino de la capacidad real del atleta para tolerarla, repetirla y sostenerla hasta el final de la prueba (King et al., 2022; Mlinaric & Mohorko, 2025).

2.3.11. Factores que modifican la respuesta a la suplementación: duración, intensidad, nivel deportivo, ambiente e hidratación

La respuesta a la suplementación con carbohidratos durante la competencia no es uniforme, porque depende de factores relacionados con la prueba, el corredor y las condiciones externas. La duración del evento es uno de los elementos más importantes: en el maratón, el tiempo final puede superar ampliamente las dos horas, lo que incrementa la relevancia de la ingesta intraesfuerzo y de la estabilidad de la glucosa sanguínea. No resulta metodológicamente correcto aplicar una misma dosis a todos los maratonistas, porque una maratón de asfalto, una maratón de montaña y diferentes niveles de rendimiento pueden implicar tiempos de exposición, demanda energética, dificultad logística y tolerancia digestiva distintas (Jeukendrup, 2011).

La intensidad también modifica la utilidad de los carbohidratos. A mayor intensidad relativa, mayor dependencia del metabolismo glucídico, especialmente cuando el corredor necesita sostener el ritmo competitivo o responder a cambios de velocidad. En este sentido, una carrera prolongada realizada a baja intensidad puede permitir una mayor contribución de grasas, mientras que una competencia ejecutada cerca del umbral o con tramos de alta exigencia incrementa la necesidad de carbohidratos disponibles. Esta relación explica por qué la dosis mínima efectiva no debe calcularse sólo por duración total, sino también por la intensidad a la que el corredor compite (Hawley & Leckey, 2015).

El nivel deportivo es otro factor determinante. Los corredores élite o altamente entrenados suelen presentar mayor capacidad de sostener intensidades elevadas, mejor economía de carrera y, en algunos casos, mayor experiencia con estrategias nutricionales durante eventos prolongados. Lavoué et al. (2020) mostraron que corredores élite de ultraresistencia consumieron $1,49 \pm 0,71$ kg de carbohidratos durante una competencia de 24 horas, con una ingesta energética total de $35,1 \pm 15,7$ MJ; pese a ello, el balance energético fue negativo en $-29,5 \pm 16,1$ MJ. Estos datos muestran que, en eventos extremos, incluso atletas con alta ingesta pueden mantener un déficit importante, lo cual obliga a diferenciar las necesidades de un ultracorredor élite de las de un corredor recreativo o de fondo convencional (Lavoué et al., 2020).

La experiencia previa con suplementos influye tanto en la tolerancia como en la adherencia. Ryan et al. (2024) evidenciaron que las creencias y prácticas de los corredores de ultra resistencia condicionan la forma en que consumen carbohidratos

y manejan síntomas gastrointestinales. Aunque este antecedente procede de ultra resistencia, se incorpora como evidencia complementaria porque el componente conductual también es aplicable al maratón: la estrategia nutricional depende de la confianza del atleta, su historia de molestias digestivas, su percepción de beneficio y su capacidad para seguir una pauta bajo fatiga. Por ello, la dosis mínima efectiva debe ser también una dosis conductualmente viable, no sólo fisiológicamente razonable (Ryan et al., 2024).

El componente conductual también modifica la respuesta. Ryan et al. (2024) evidenciaron que muchos corredores de ultra resistencia basan sus decisiones nutricionales en la experiencia personal y no necesariamente en asesoría profesional. Aunque el estudio corresponde a ultraresistencia, su aporte es transferible al maratón porque ilustra cómo las creencias, el aprendizaje por ensayo-error y la información informal pueden condicionar la suplementación. En consecuencia, una dosis mínima efectiva debe ser científicamente razonable y, al mismo tiempo, comprensible para el atleta, fácil de registrar, practicada en entrenamientos y ajustada según síntomas, rendimiento percibido y tolerancia.

Las condiciones ambientales pueden modificar la respuesta al consumo de carbohidratos, sobre todo cuando el calor, la humedad o la altitud aumentan el estrés fisiológico. En ambientes calurosos, el flujo sanguíneo hacia la piel compite con la perfusión gastrointestinal, lo que puede incrementar la susceptibilidad a síntomas digestivos. Además, la necesidad de líquidos aumenta, y con ello se vuelve más compleja la relación entre bebidas deportivas, geles, agua y electrolitos. Esta interacción es importante porque una estrategia de carbohidratos mal ajustada al ambiente puede producir molestias digestivas o interferir con la hidratación, incluso si la dosis de carbohidratos se encuentra dentro de rangos aceptados (Mlinaric & Mohorko, 2025).

La hidratación es un componente complementario de la suplementación con carbohidratos, especialmente cuando estos se administran en forma de bebidas, geles o soluciones concentradas. Si el corredor consume geles sin suficiente líquido, puede aumentar la concentración gastrointestinal y favorecer molestias; si consume líquidos en exceso, puede incrementar el riesgo de hiponatremia asociada al ejercicio. Klingert et al. (2022) abordaron la hiponatremia en maratonistas, una condición relevante porque demuestra que la estrategia nutricional y la estrategia de líquidos no deben planificarse por separado. La ingesta de carbohidratos debe integrarse con una pauta de hidratación que responda al sudor, la duración, la temperatura y la tolerancia individual (Klingert et al., 2022).

Namineni et al. (2021) también destacaron la importancia del conocimiento y las estrategias de hidratación en corredores de maratón. Este antecedente permite

reforzar que el corredor no solo necesita saber cuántos carbohidratos consumir, sino cómo combinarlos con líquidos durante la competencia. Una bebida con carbohidratos puede cubrir parcialmente ambas necesidades, pero también puede resultar insuficiente si el volumen no alcanza para hidratar o excesiva si se usa únicamente para lograr una dosis energética. Por tanto, el diseño de la estrategia debe evitar dos errores frecuentes: separar carbohidratos e hidratación como si no interactúan, o asumir que una bebida deportiva resuelve ambas demandas de manera automática (Namineni et al., 2021).

El estado nutricional previo también condiciona la respuesta. Un corredor que inicia con reservas adecuadas de glucógeno puede necesitar una dosis diferente a otro que llega con ingesta previa insuficiente o baja disponibilidad energética. Kojima et al. (2022) mostraron que la oxidación de glucosa exógena durante ejercicio de resistencia puede modificarse bajo baja disponibilidad energética, lo que indica que la respuesta a los carbohidratos ingeridos durante el esfuerzo está influida por la condición previa del atleta. Por tanto, la dosis mínima efectiva durante competencia debe interpretarse junto con la alimentación previa, la carga de carbohidratos y el estado energético general del corredor (Kojima et al., 2022).

En conjunto, duración, intensidad, nivel deportivo, ambiente, hidratación, experiencia previa y estado nutricional conforman un sistema de factores que modifican la respuesta a la suplementación. Este marco impide formular una dosis mínima efectiva como número universal. Más bien, obliga a construir criterios: a mayor duración e intensidad, mayor probabilidad de requerir ingestas superiores; a mayor riesgo gastrointestinal o menor experiencia, mayor necesidad de progresión y entrenamiento intestinal; a mayor calor o dificultad logística, mayor cuidado en la forma de administración y en la interacción con líquidos. Esta perspectiva permite que la prescripción nutricional sea más precisa, contextual y útil para maratonistas (Naderi et al., 2023).

CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cualitativo, de tipo documental-bibliográfico, con alcance descriptivo-analítico. El diseño corresponde a una revisión sistemática de la evidencia científica, debido a que el estudio no manipula variables ni interviene directamente en maratonistas, sino que identifica, selecciona, analiza y sintetiza estudios científicos relacionados con la suplementación de carbohidratos y el rendimiento durante la maratón.

La metodología aplicada es coherente con el problema investigado, ya que la pregunta de investigación busca determinar, a partir de la evidencia científica disponible, cuál es la dosis mínima efectiva de carbohidratos asociada con la optimización del rendimiento en maratonistas. Por esta razón, se emplea una revisión sistemática orientada por el método PRISMA, lo que permite organizar de forma transparente el proceso de búsqueda, selección, elegibilidad e inclusión de los estudios.

El diseño es no experimental y transversal documental, puesto que la información se recoge de publicaciones científicas ya existentes en un periodo determinado de revisión.

3.2. La población y la muestra

La población documental estuvo conformada por artículos científicos, revisiones sistemáticas, revisiones narrativas, ensayos clínicos, estudios observacionales y consensos académicos relacionados con la suplementación de carbohidratos en corredores de resistencia, especialmente maratonistas.

La muestra fue de tipo intencional no probabilística, seleccionada de acuerdo con la pertinencia de cada publicación para responder a la pregunta de investigación y a los objetivos específicos. Se priorizaron estudios que abordaron dosis de carbohidratos durante la competencia, rendimiento deportivo, duración del esfuerzo, tipo de carbohidrato, forma de administración.

Los criterios de inclusión y exclusión forman parte del procedimiento metodológico de selección de estudios. Su aplicación permitió delimitar la evidencia científica utilizada en la revisión sistemática.

3.2.1 Criterios de inclusión:

- Estudios científicos relacionados con suplementación de carbohidratos antes y/o durante la competencia en maratonistas o corredores de resistencia.
- Publicaciones que reporten dosis de carbohidratos en g/h, tipo de carbohidrato, forma de administración, momento de ingesta o variables de rendimiento deportivo.
- Investigaciones en población adulta, recreativa, entrenada o élite, con datos aplicables al contexto de la maratón.
- Artículos publicados en bases de datos científicas reconocidas como PubMed, Web of Science, Scopus, SPORTDiscus o revistas indexadas de nutrición deportiva y fisiología del ejercicio.
- Estudios publicados preferentemente entre 2020 y 2026, sin excluir fuentes clásicas cuando sean necesarias para fundamentar aspectos fisiológicos.

3.2.2 Criterios de exclusión:

- Estudios centrados exclusivamente en deportes de fuerza, velocidad, potencia o modalidades no comparables con la exigencia fisiológica de la maratón.
- Investigaciones que no especifiquen dosis de carbohidratos, tipo de suplemento, momento de ingesta o desenlaces vinculados con rendimiento deportivo.
- Trabajos realizados en animales, modelos celulares o contextos no humanos.
- Estudios centrados únicamente en hidratación, cafeína, proteínas, electrolitos u otros suplementos sin relación directa con carbohidratos.

3.3. Los métodos y las técnicas

La unidad de análisis no está conformada por sujetos evaluados directamente, sino por artículos científicos, revisiones, ensayos y documentos académicos. Para el desarrollo de la revisión sistemática se aplicó el método PRISMA, el cual permite documentar de manera ordenada las fases de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios. Este procedimiento fortalece la coherencia metodológica del trabajo, porque muestra cómo se pasó de una búsqueda amplia de literatura científica a una muestra final de estudios directamente relacionados con el objetivo de la investigación.

Las fases aplicadas fueron las siguientes:

- Identificación: búsqueda inicial de registros en bases de datos científicas

relacionadas con nutrición deportiva, fisiología del ejercicio y rendimiento en resistencia.

- Eliminación de duplicados: depuración de registros repetidos para evitar contar dos veces el mismo estudio.
- Cribado: revisión de títulos y resúmenes para excluir publicaciones que no responden al tema central de la investigación.
- Elegibilidad: lectura de textos completos para verificar población, intervención, variables de rendimiento, dosis de carbohidratos y pertinencia metodológica.
- Inclusión: selección final de los estudios que cumplieran los criterios establecidos y que aportan evidencia útil para responder a los objetivos.

De acuerdo con el proceso PRISMA aplicado, se identificaron 523 registros en bases de datos como PubMed y Web of Science. Luego se eliminaron 206 registros duplicados, quedando 317 registros para evaluación por título y resumen. En esta fase se excluyeron 230 artículos por no responder directamente al problema de investigación. Posteriormente, se revisaron textos completos y se excluyeron aquellos que no cumplieran los criterios de población, intervención, diseño metodológico o variables de interés. Finalmente, se incluyeron 5 estudios principales en la revisión.

TABLA 2. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios. Nota. Elaboración propia basada en la guía PRISMA.

Fase PRISMA	Descripción del procedimiento	Resultado
Identificación	Búsqueda de registros en bases de datos científicas.	523 registros
Duplicados	Eliminación de registros repetidos.	206 eliminados
Cribado	Evaluación por título y resumen.	317 evaluados
Exclusión inicial	Artículos excluidos por no responder al tema.	230 excluidos
Elegibilidad	Revisión de textos completos según criterios metodológicos.	Textos completos evaluados
Inclusión	Estudios pertinentes para responder a los objetivos.	5 estudios incluidos

Fuente: Elaboración propia. Autores: Md. Luis Andrés Flores / Md. Fernanda Dután Ortiz, 2026.

3.4. Procesamiento estadístico de la información

La información obtenida fue procesada mediante análisis cualitativo temático y síntesis narrativa comparativa. Primero, los estudios fueron organizados según

dosis de carbohidratos, tipo de suplemento, timing de ingesta, población evaluada y variables de rendimiento. Luego, se compararon los hallazgos para identificar rangos de dosis con mayor aplicabilidad práctica en maratonistas.

El procesamiento no incluyó pruebas estadísticas inferenciales, debido a que el estudio no trabaja con datos primarios ni con una muestra de corredores evaluada directamente. En su lugar, se realizó una interpretación crítica de la evidencia científica, diferenciando entre dosis baja, moderada y alta, así como entre dosis mínima efectiva, dosis óptima y dosis elevada.

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

El presente capítulo expone los resultados obtenidos a partir de la revisión sistemática de la evidencia científica sobre la suplementación con carbohidratos durante la competencia en maratonistas. La información se organiza de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación, con el propósito de mantener coherencia entre el problema planteado, el diseño metodológico y la interpretación de los hallazgos. En este sentido, los resultados no se presentan como datos obtenidos de una intervención directa en corredores, sino como una síntesis documental construida a partir de estudios científicos seleccionados mediante criterios de pertinencia temática y metodológica.

La problemática de investigación se relaciona con la necesidad de aproximar una dosis mínima efectiva de carbohidratos que contribuya al mantenimiento del rendimiento deportivo durante la maratón. La evidencia revisada permite reconocer que las estrategias de suplementación no se concentran en una única cantidad, sino en rangos de ingesta que varían según el nivel del corredor, la duración del maratón, la intensidad del esfuerzo, el tipo de carbohidrato administrado, el momento de ingesta y la tolerancia gastrointestinal. Por ello, el análisis se orienta a identificar patrones comunes entre los estudios, pero también diferencias relevantes que explican por qué una misma dosis no puede recomendarse de manera universal.

De manera general, los estudios incluidos muestran que los carbohidratos cumplen una función importante como fuente de energía durante esfuerzos prolongados de intensidad moderada-alta. Sin embargo, la utilidad práctica de la suplementación depende de la relación entre la dosis consumida, la capacidad de absorción intestinal, la experiencia previa del corredor y la posibilidad de sostener la estrategia durante toda la competencia. Esto significa que el resultado principal de la revisión no se reduce a seleccionar el valor más alto de ingesta, sino a reconocer el rango que permite sostener el rendimiento con el menor riesgo digestivo posible.

Los estudios seleccionados aportan perspectivas complementarias sobre la suplementación con carbohidratos en deportes de resistencia. Algunos trabajos ofrecen fundamentos fisiológicos sobre el papel de los carbohidratos como sustrato energético; otros analizan recomendaciones aplicadas en pruebas prolongadas; y otros se enfocan en variables prácticas, como el timing de ingesta, la tolerancia

gastrointestinal o la individualización de la dosis. Esta diversidad de enfoques permite obtener una visión más amplia del problema, aunque también evidencia la necesidad de interpretar los resultados con cautela.

En la revisión se identificaron estudios que no siempre trabajan con el mismo tipo de población ni con el mismo diseño metodológico. Algunos incluyen corredores entrenados, otros corredores recreativos y otros revisan evidencia general de deportes de resistencia aplicable al maratón. Esta heterogeneidad metodológica impide afirmar que una dosis específica sea válida para todos los casos; sin embargo, permite construir criterios de aplicación progresiva según el perfil del corredor.

Como respuesta a la problemática, el primer resultado relevante consiste en identificar las dosis de carbohidratos utilizadas durante la competencia en maratonistas y corredores de resistencia con evidencia aplicable al maratón. La revisión muestra que los rangos reportados son amplios, generalmente entre 30 y 90 g/h. Esta amplitud se explica porque no todos los corredores presentan las mismas demandas energéticas, el mismo tiempo de carrera ni la misma tolerancia digestiva.

Las dosis de 30 a 45 g/h se asocian principalmente con corredores recreativos, participantes de mayor duración o sujetos que priorizan la tolerancia gastrointestinal. En este grupo, el objetivo de la suplementación no es maximizar el aporte energético, sino mantener una disponibilidad mínima de carbohidratos que contribuya a retrasar la fatiga sin aumentar de forma marcada el riesgo digestivo. Este rango puede ser útil como punto de partida cuando el corredor no tiene experiencia previa con ingestas elevadas durante el ejercicio.

El rango de 45 a 60 g/h aparece como el más consistente para maratonistas entrenados, debido a que ofrece un equilibrio entre aporte energético, mantenimiento del ritmo y tolerancia digestiva. Este resultado es importante porque permite aproximar una dosis mínima efectiva con aplicabilidad práctica. No se trata de afirmar que 45 a 60 g/h sea la dosis ideal para todos, sino de reconocer que representa una base razonable para corredores que ya cuentan con cierto nivel de entrenamiento y experiencia en esfuerzos prolongados.

Las dosis entre 60 y 75 g/h aparecen como estrategias útiles en corredores competitivos, especialmente cuando existe experiencia previa con suplementación durante entrenamientos largos. En estos casos, el corredor puede necesitar un mayor aporte energético para sostener intensidades más altas; sin embargo, el incremento de la dosis debe acompañarse de práctica nutricional. Finalmente, las dosis superiores a 75 g/h se relacionan con deportistas avanzados o de alto

rendimiento, y requieren entrenamiento intestinal para reducir síntomas gastrointestinales.

Tabla 3: Dosis de carbohidratos medidos en competencia

Perfil del corredor	Dosis sugerida	Finalidad principal	Interpretación
Recreativo	30-45 g/h	Mantener la glucosa y retrasar la fatiga.	Alta aplicabilidad cuando la prioridad es la tolerancia digestiva.
Entrenado recreativo	45-60 g/h	Sostener disponibilidad energética.	Rango con mejor equilibrio entre eficacia y tolerancia.
Competitivo	60-75 g/h	Sostener ritmo e intensidad.	Requiere práctica previa durante los entrenamientos.
Avanzado o elite	75-90 g/h	Maximizar aporte energético.	Debe individualizarse por riesgo gastrointestinal.

Fuente: Elaboración propia. Autores: Md. Luis Andrés Flores / Md. Fernanda Dután Ortiz, 2026.

La dosis mínima efectiva no debe entenderse como el valor máximo tolerable, sino como el menor rango capaz de sostener el rendimiento sin comprometer la aplicabilidad práctica. Por ello, el rango de 45 a 60 g/h se presenta como el más consistente para maratonistas entrenados, mientras que rangos inferiores o superiores dependen del perfil del corredor.

Los resultados muestran que la eficacia de la suplementación no depende solamente de la cantidad ingerida, sino de la relación entre dosis, momento de consumo, forma de administración y capacidad individual de tolerancia.

El timing de ingesta es una variable determinante. La evidencia sugiere que iniciar el consumo desde etapas tempranas permite mantener una disponibilidad energética más estable durante el maratón. En cambio, una ingesta tardía reduce la utilidad de la estrategia, porque aparece cuando el deterioro energético y la fatiga ya se encuentran avanzados.

El tipo de carbohidrato también modifica la respuesta. Las combinaciones de glucosa y fructosa pueden favorecer la absorción intestinal y la oxidación exógena, especialmente en dosis moderadas o altas. Sin embargo, este beneficio solo es aplicable cuando el corredor ha practicado previamente la estrategia y no presenta síntomas gastrointestinales relevantes.

La duración del evento y el nivel competitivo condicionan la necesidad de carbohidratos. A mayor duración, mayor riesgo de deterioro glucogénico; a mayor

intensidad, mayor dependencia de los carbohidratos como sustrato energético. Por ello, corredores recreativos y élites no deben recibir la misma recomendación sin ajustes.

La respuesta ergogénica es multifactorial. Una dosis teóricamente efectiva puede perder utilidad si se administra tarde, si el tipo de carbohidrato no es tolerado, si la concentración resulta excesiva o si el corredor no ha practicado la estrategia en entrenamientos.

Tabla 4: Variables que modifican la respuesta ergogénica

Variable	Efecto sobre la respuesta	Implicación práctica
Timing de ingesta	La ingesta temprana favorece la disponibilidad energética sostenida.	Consumir carbohidratos desde las fases iniciales del maratón.
Tipo de carbohidrato	La combinación glucosa-fructosa puede mejorar la absorción y oxidación.	Preferir mezclas cuando exista tolerancia previa.
Nivel competitivo	Los corredores avanzados toleran y requieren mayores aportes.	Ajustar dosis según experiencia y ritmo objetivo.
Duración del evento	Eventos más largos aumentan riesgo de fatiga energética.	Mantener ingesta fraccionada durante toda la prueba.
Tolerancia gastrointestinal	Síntomas digestivos reducen adherencia y rendimiento.	Entrenar la estrategia nutricional antes de competir.

Fuente: Elaboración propia. Autores: Md. Luis Andrés Flores / Md. Fernanda Dután Ortiz, 2026.

A partir de los resultados anteriores, la dosis mínima efectiva debe definirse como el menor aporte de carbohidratos capaz de contribuir al sostenimiento del rendimiento, manteniendo adecuada tolerancia gastrointestinal y aplicabilidad en contexto competitivo.

La evidencia revisada permite proponer cinco criterios integrados: establecer la dosis en g/h según el perfil del corredor, iniciar la ingesta desde fases tempranas, fraccionar el consumo para evitar cargas digestivas altas, seleccionar el tipo de carbohidrato según tolerancia y practicar la estrategia durante entrenamientos largos.

Desde una perspectiva práctica, la dosis mínima efectiva no corresponde necesariamente a 90 g/h ni a la dosis más alta reportada en la literatura. En maratonistas entrenados, el rango de 45 a 60 g/h representa una base aplicable. En

corredores recreativos puede iniciarse con 30 a 45 g/h, mientras que corredores competitivos o avanzados pueden progresar hacia 60 a 90 g/h sólo si existe adecuada tolerancia intestinal.

La información revisada muestra que el rango de 45 a 60 g/h es el punto de mayor equilibrio para maratonistas entrenados, pero su aplicación depende de factores individuales y contextuales. Por tanto, la recomendación final debe ser individualizada y progresiva.

Tabla 5: Criterios para estimar una dosis mínima efectiva

Criterio	Aplicación en maratón	Relación con la dosis mínima efectiva
Dosis en g/h	Seleccionar un rango inicial según perfil y duración estimada.	Evita asumir una dosis única universal.
Inicio temprano	Consumir antes de que aparezca fatiga marcada.	Aumenta la utilidad funcional de la dosis.
Fraccionamiento	Distribuir el consumo durante la prueba.	Reduce el riesgo de molestias gastrointestinales.
Tipo de carbohidrato	Usar glucosa-fructosa si existe tolerancia.	Mejora la absorción en dosis moderadas-altas.
Entrenamiento intestinal	Practicar geles, bebidas o gomitas en fondos largos.	Permite aumentar dosis sin comprometer el rendimiento.

Fuente: Elaboración propia. Autores: Md. Luis Andrés Flores / Md. Fernanda Dután Ortiz, 2026.

Al analizar los estudios desde el criterio de dosis, se observa que las investigaciones con orientación fisiológica ayudan a explicar el porqué de la suplementación, mientras que los estudios aplicados permiten reconocer cómo se administra esa suplementación en condiciones reales o cercanas a la competencia. Esta diferencia es importante porque el problema de investigación no se limita a confirmar que los carbohidratos son útiles, sino a determinar qué rango puede considerarse mínimo y efectivo en maratonistas. Por esta razón, los resultados se interpretan de manera integrada y no como hallazgos aislados.

Hawley y Leckey permiten comprender que el agotamiento progresivo de los depósitos de glucógeno y la disminución de la disponibilidad de glucosa pueden afectar el rendimiento en esfuerzos prolongados. Este aporte se relaciona con el primer objetivo específico porque justifica la necesidad de identificar dosis utilizadas durante la competencia. Sin embargo, por sí solo no permite establecer una dosis

final, ya que su contribución se ubica principalmente en el plano fisiológico. En la presente investigación, este estudio sirve como base para interpretar por qué los rangos de 30 a 90 g/h aparecen con frecuencia en la literatura de resistencia.

Naderi et al. aportan una lectura más aplicada, debido a que sitúan la recomendación de carbohidratos dentro de un marco individualizado. Este planteamiento se relaciona con el segundo objetivo específico, ya que reconoce que el nivel del corredor, la duración del esfuerzo y la tolerancia gastrointestinal modifican la respuesta ergogénica. En comparación con una recomendación fija, su aporte permite sostener que la dosis mínima efectiva debe ajustarse a las condiciones del atleta y a la planificación de la competencia.

Rauch et al. permiten reforzar la idea de que la eficacia no depende solamente de ingerir una cantidad elevada de carbohidratos. En los resultados de esta revisión, su aporte se interpreta como evidencia de que la disponibilidad energética y la tolerancia digestiva deben evaluarse de forma conjunta. Una dosis puede ser adecuada en términos energéticos, pero puede dejar de ser útil si provoca síntomas gastrointestinales que impiden continuar con el consumo o alteran el ritmo de la carrera. Por ello, este estudio respalda la necesidad de considerar la aplicabilidad práctica de cada rango.

En términos de comparación por perfiles, el corredor recreativo requiere una recomendación más conservadora, debido a que su prioridad suele ser completar la prueba y evitar molestias digestivas. En este grupo, el rango de 30 a 45 g/h puede cumplir una función de soporte energético básico. En cambio, el maratonista entrenado presenta mayor capacidad para sostener ritmos más altos y, por tanto, puede beneficiarse de un rango de 45 a 60 g/h. Este último rango aparece como el más equilibrado porque combina utilidad energética, viabilidad práctica y menor riesgo relativo de intolerancia.

Para corredores competitivos y avanzados, los resultados muestran que las dosis superiores pueden ser necesarias cuando la intensidad de carrera es mayor y la demanda energética aumenta. No obstante, el incremento hacia 60, 75 o 90 g/h exige adaptación previa. Esta condición evita interpretar los rangos altos como una recomendación general. Más bien, deben entenderse como estrategias progresivas que dependen del entrenamiento intestinal, de la experiencia con geles o bebidas deportivas y de la capacidad del corredor para mantener la ingesta durante toda la carrera.

Por último, los resultados permiten sostener que la dosis mínima efectiva debe expresarse como rango y no como cifra única. Esta decisión metodológica es

coherente con el carácter de revisión sistemática, ya que los estudios incluidos no presentan una sola población homogénea ni una única forma de suplementación. La propuesta de 45 a 60 g/h como rango de mayor equilibrio en maratonistas entrenados surge de la comparación de la evidencia y de la integración de variables fisiológicas, competitivas y gastrointestinales.

CAPÍTULO V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Discusión

Los resultados de la presente revisión sistemática permiten sostener que la suplementación con carbohidratos durante el maratón es una estrategia relevante para el mantenimiento del rendimiento deportivo. Esta afirmación se fundamenta en la función de los carbohidratos como sustrato energético principal durante esfuerzos prolongados de intensidad moderada-alta, en los que la disponibilidad de glucosa y glucógeno puede condicionar la capacidad de sostener el ritmo competitivo.

La evidencia permite identificar diferentes rangos de dosis utilizados durante la competencia. Aunque se reportan estrategias entre 30 y 90 g/h, los resultados sugieren que el rango de 45 a 60 g/h posee mayor aplicabilidad práctica en maratonistas entrenados.

En conjunto, los estudios coinciden en que los carbohidratos son relevantes para sostener el rendimiento durante esfuerzos prolongados; sin embargo, difieren en la forma de aplicación práctica. Por esta razón, la dosis mínima efectiva debe interpretarse como un rango orientativo, ajustado al perfil del corredor, y no como una cifra única.

Hawley y Leckey (2015) aportan una base fisiológica para comprender la suplementación con carbohidratos en deportes de resistencia. Estos autores explican que los carbohidratos constituyen un sustrato energético central durante esfuerzos prolongados de intensidad moderada-alta, por lo que su disponibilidad puede favorecer el mantenimiento del rendimiento. En comparación con los demás estudios, su aporte no se centra en una muestra específica de maratonistas ni en una dosis única, sino en el fundamento fisiológico que justifica la necesidad de consumir carbohidratos durante pruebas prolongadas.

La respuesta ergogénica está condicionada por variables como nivel competitivo, duración del evento, tipo de carbohidrato, timing de ingesta, forma de administración y tolerancia gastrointestinal. Esto explica por qué una misma dosis puede producir efectos diferentes entre corredores recreativos, entrenados y avanzados. La suplementación no debe valorarse solo por gramos por hora, sino por su capacidad real de sostener el rendimiento sin generar molestias digestivas.

En conjunto, los estudios coinciden en que los carbohidratos son relevantes para sostener el rendimiento durante esfuerzos prolongados; sin embargo, difieren en la

forma de aplicación práctica. Por esta razón, la dosis mínima efectiva debe interpretarse como un rango orientativo, ajustado al perfil del corredor, y no como una cifra única.

Naderi et al. (2023), por su parte, complementan esta explicación fisiológica al señalar que las recomendaciones de carbohidratos deben individualizarse. A diferencia de una postura que proponga una dosis universal, estos autores sostienen que la cantidad adecuada depende de la duración del esfuerzo, la tolerancia gastrointestinal y el contexto competitivo. Este planteamiento coincide con la presente investigación, porque permite interpretar la dosis mínima efectiva como un rango ajustable y no como una cifra rígida aplicable a todos los corredores.

Jiménez-Alfageme et al. (2025) aportan una perspectiva práctica centrada en el timing de ingesta durante la competencia. A diferencia de los estudios que priorizan la cantidad total de carbohidratos, estos autores resaltan que el momento y la distribución del consumo pueden influir en el mantenimiento del ritmo competitivo. Este hallazgo es relevante porque demuestra que la dosis mínima efectiva no debe analizarse de forma aislada, sino junto con la frecuencia de consumo, la forma de administración y el inicio temprano de la suplementación durante la carrera.

Zhao et al. (2025) introducen un elemento diferenciador al centrar su análisis en los síntomas gastrointestinales presentes en corredores de larga distancia. Aunque no evalúan una dosis específica de carbohidratos, su estudio permite comprender que la tolerancia digestiva es un límite práctico para cualquier estrategia de suplementación. En comparación con los estudios que destacan los beneficios energéticos de los carbohidratos, este trabajo advierte que las dosis altas pueden perder aplicabilidad si provocan náuseas, distensión abdominal, urgencia gastrointestinal o abandono de la estrategia nutricional.

A partir de esta comparación, se observa que la dosis de 45 a 60 g/h tiene mayor aplicabilidad en maratonistas entrenados porque equilibra disponibilidad energética y tolerancia digestiva. Las dosis superiores pueden ser útiles en corredores avanzados, pero requieren entrenamiento intestinal y adaptación previa. Por ello, el criterio central de la investigación no es recomendar la dosis más alta, sino identificar la menor dosis capaz de sostener el rendimiento sin comprometer la tolerancia gastrointestinal.

5.2. Conclusiones

En correspondencia con el objetivo general de la investigación, se concluye que la suplementación con carbohidratos durante la competencia constituye una estrategia nutricional relevante para el mantenimiento del rendimiento deportivo en maratonistas. La evidencia revisada demuestra que los carbohidratos cumplen una función energética central durante esfuerzos prolongados, debido a que contribuyen al mantenimiento de la glucosa sanguínea, al uso eficiente de los sustratos energéticos y al retraso de la fatiga asociada con el agotamiento progresivo de las reservas de glucógeno. Este hallazgo permite afirmar que la suplementación no debe considerarse un elemento accesorio, sino un componente importante dentro de la planificación nutricional del maratonista.

En relación con el primer objetivo específico, referido a identificar las diferentes dosis de carbohidratos utilizadas durante la competencia en maratonistas, se concluye que la literatura científica reporta rangos de ingesta principalmente entre 30 y 90 g/h. No obstante, el análisis de los estudios revisados permite reconocer que las dosis no deben interpretarse de forma aislada, ya que su utilidad depende del perfil del corredor, la duración estimada del maratón, la intensidad del esfuerzo y la tolerancia gastrointestinal. Dentro de ese rango, la ingesta de 45 a 60 g/h representa la alternativa con mayor aplicabilidad práctica en maratonistas entrenados, porque ofrece un equilibrio entre disponibilidad energética, sostenimiento del ritmo competitivo y menor riesgo de molestias digestivas.

En relación con el segundo objetivo específico, orientado a examinar si variables como el nivel competitivo, la duración del ejercicio y el tipo de carbohidrato modifican la respuesta ergogénica, se concluye que la eficacia de la suplementación no depende exclusivamente de la cantidad ingerida. La respuesta del maratonista está condicionada por múltiples factores, entre ellos el nivel de entrenamiento, la intensidad de carrera, el momento de ingesta, la forma de administración, el tipo de carbohidrato utilizado y la experiencia previa con estrategias de alimentación durante el esfuerzo. Por ello, dos corredores pueden responder de manera diferente a una misma dosis, lo que confirma la necesidad de individualizar la estrategia nutricional.

En relación con el tercer objetivo específico, vinculado con sintetizar criterios teóricos y prácticos para orientar la estimación de una dosis mínima efectiva, se concluye que dicha dosis debe entenderse como un criterio individualizable y no como una cifra universal. Su estimación debe integrar el aporte de carbohidratos en

g/h, el inicio temprano de la ingesta, el fraccionamiento del consumo, el tipo de carbohidrato, la tolerancia digestiva, el entrenamiento intestinal y las características competitivas del corredor. Este aspecto constituye uno de los aportes centrales de la investigación, ya que desplaza la idea de una dosis fija hacia una estrategia progresiva, tolerable y ajustada al contexto real de competencia.

El análisis comparativo de los artículos revisados permitió establecer que los estudios coinciden en reconocer la importancia de los carbohidratos para sostener el rendimiento en deportes de resistencia, pero difieren en el énfasis otorgado a la dosis, al timing de ingesta y a la tolerancia gastrointestinal. Algunos estudios aportan una base fisiológica sobre el uso de carbohidratos como fuente de energía, mientras que otros destacan la necesidad de adaptar la estrategia a la respuesta individual del corredor. Esta comparación fortalece la conclusión de que la dosis mínima efectiva no puede definirse únicamente por la cantidad ingerida, sino por la relación entre beneficio energético, sostenimiento del rendimiento y seguridad digestiva.

También se concluye que las dosis superiores a 75 g/h pueden ser útiles en corredores avanzados o de alto rendimiento; sin embargo, no deben asumirse como superiores para todos los maratonistas. Su aplicación requiere entrenamiento intestinal, adaptación progresiva y práctica durante entrenamientos largos. De lo contrario, una ingesta elevada puede provocar síntomas gastrointestinales como náuseas, distensión abdominal, urgencia digestiva o rechazo de la estrategia nutricional, afectando negativamente el ritmo competitivo. Por esta razón, el criterio de efectividad debe incluir no solo el rendimiento, sino también la tolerancia y la posibilidad real de aplicar la estrategia durante la competencia.

Como síntesis de los capítulos desarrollados, la investigación permite establecer que la suplementación con carbohidratos en maratonistas debe planificarse de manera progresiva, individualizada y basada en evidencia. El marco teórico permitió comprender los fundamentos fisiológicos del uso de carbohidratos durante esfuerzos prolongados; el diseño metodológico permitió seleccionar y analizar estudios mediante una revisión sistemática orientada por PRISMA; y los resultados permitieron identificar rangos de dosis, factores condicionantes y criterios prácticos para la estimación de una dosis mínima efectiva. Esta integración demuestra coherencia entre el problema investigado, los objetivos, los resultados y las recomendaciones.

Finalmente, se concluye que no existe una dosis universal aplicable a todos los maratonistas. La suplementación con carbohidratos puede favorecer el rendimiento competitivo cuando se planifica de acuerdo con las características fisiológicas,

digestivas y deportivas del corredor. En consecuencia, las recomendaciones derivadas de esta investigación deben orientarse hacia la práctica previa de la estrategia en entrenamientos, el inicio temprano de la ingesta durante la carrera, el consumo fraccionado, la selección adecuada del tipo de carbohidrato y el ajuste de la dosis según la tolerancia individual. De esta manera, las conclusiones mantienen coherencia con las recomendaciones y aportan una guía aplicable para la nutrición deportiva en maratón.

5.3. Recomendaciones

Se recomienda que los maratonistas entrenados utilicen como punto de partida estrategias entre 45 y 60 g/h, ajustando el rango hacia 30-45 g/h en corredores recreativos o hacia 60-90 g/h en corredores competitivos y avanzados con adecuada tolerancia. Como parte importante se recomienda individualizar la suplementación según nivel competitivo, duración estimada de carrera, intensidad objetivo, tipo de carbohidrato disponible y antecedentes de tolerancia gastrointestinal.

Una recomendación importante es practicar la estrategia nutricional durante entrenamientos largos, empleando ingestas fraccionadas desde fases tempranas para mejorar la tolerancia digestiva y reducir el riesgo de síntomas durante la competencia, además priorizar combinaciones de glucosa y fructosa en corredores que toleran adecuadamente estos productos, especialmente cuando se busque aumentar la ingesta por encima de dosis moderadas.

Se recomienda que futuras investigaciones analicen de forma específica la relación entre dosis de carbohidratos, rendimiento competitivo y síntomas gastrointestinales en maratonistas de diferentes niveles, considerando variables como sexo, edad, ambiente, hidratación y experiencia previa con suplementación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arribalzaga, S., Viribay, A., Calleja-González, J., Fernández-Lázaro, D., Castañeda-Babarro, A., & Mielgo-Ayuso, J. (2021). Relationship of carbohydrate intake during a single-stage one-day ultra-trail race with fatigue outcomes and gastrointestinal problems: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(11), 5737. <https://doi.org/10.3390/ijerph18115737>
2. Braschler, L., Nikolaidis, P. T., Thuany, M., Chlíbková, D., Rosemann, T., Weiss, K., Wilhelm, M., & Knechtle, B. (2025). Physiology and pathophysiology of marathon running: A narrative review. *Sports Medicine - Open*, 11, 10. <https://doi.org/10.1186/s40798-025-00810-3>
3. Cao, W., He, Y., Fu, R., Chen, Y., Yu, J., & He, Z. (2025). A review of carbohydrate supplementation approaches and strategies for optimizing performance in elite long-distance endurance. *Nutrients*, 17(5), 918. <https://doi.org/10.3390/nu17050918>
4. Chen, Y., Zhao, X., Li, X., Wen, W., Zhang, J., Lu, Z., Liang, Y., Zhang, C., & Qiu, J. (2025). Nutritional status and practices among Chinese marathon runners: Data from the China Marathon Nutrition Survey (CMNS). *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 22(1), 2533504. <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2533504>
5. Chrysanthopoulos, C., Hennessy, L. C. M., & Williams, C. (1994). The influence of pre-exercise glucose ingestion on endurance running capacity. *British Journal of Sports Medicine*, 28(2), 105–109. <https://doi.org/10.1136/bjsm.28.2.105>
6. Convit, L., Rahman, A., Forte, M., Houghton, M. J., Martinez, I. G., Biesiekierski, J. R., & Costa, R. J. S. (2024). Total fermentable oligo-, di-, monosaccharides and polyols intake, carbohydrate malabsorption and gastrointestinal symptoms. *Nutrition & Dietetics*. <https://doi.org/10.1111/1747-0080.12870>
7. Oliveira, E. P., & Burini, R. C. (2014). Carbohydrate-dependent, exercise-induced gastrointestinal distress.

8. Gonzalez, J. T., Fuchs, C. J., Betts, J. A., & van Loon, L. J. C. (2017). Glucose plus fructose ingestion for post-exercise recovery: Greater than the sum of its parts? *Nutrients*, 9(4), 344. <https://doi.org/10.3390/nu9040344>
9. Grivas, G. (2025). The physiology and psychology of negative splits: Insights into optimal marathon pacing strategies. *Frontiers in Physiology*, 16, 1639816. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1639816>
10. Hawley, J. A., & Leckey, J. J. (2015). Carbohydrate dependence during prolonged, intense endurance exercise. *Sports Medicine*, 45(Suppl. 1), S5–S12. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0400-1>
11. Hearris, M. A., Pugh, J., Langan-Evans, C., Mann, S. J., Burke, L. M., Stellingwerff, T., Gonzalez, J. T., & Morton, J. P. (2022). ¹³C-glucose-fructose labelling reveals comparable exogenous carbohydrate oxidation during exercise when consuming 120 g/h in 0.8:1 and 1:0.8 ratios. *Journal of Applied Physiology*, 133(5), 1109–1120. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00330.2022>
12. Hunter, B., & Muniz-Pumares, D. (2025). Durability of parameters associated with endurance running in marathoners. *European Journal of Sport Science*, 25, e70073. <https://doi.org/10.1002/ejsc.70073>
13. Inamura, N., Taniguchi, H., et al. (2024). Carbohydrate intake and performance in ultramarathon. *Scientific Reports*. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-51048-6>
14. Jeukendrup, A. E. (2008). Carbohydrate feeding during exercise. *European Journal of Sport Science*, 8(2), 77–86. <https://doi.org/10.1080/17461390801918971>

15. Jeukendrup, A. E. (2011). Nutrition for endurance sports: Marathon, triathlon, and road cycling. *Journal of Sports Sciences*, 29(Suppl. 1), S91–S99. <https://doi.org/10.1080/02640414.2011.610348>
16. Jiménez-Alfageme, R., Pino Garrone, F., Rodríguez-Sánchez, N., Romero-García, D., Sospedra, I., Giménez-Monzó, D., Ayala-Guzmán, C. I., &
17. Martínez-Sanz, J. M. (2025). Nutritional intake and timing of marathon runners: Influence of athlete's characteristics and fueling practices on finishing time. *Sports Medicine - Open*, 11, 26. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00801-w>
18. John, L., Munk, R., et al. (2025). Does distance matter? Metabolic and muscular challenges of ultramarathon running. *Nutrients*, 17(23), 3801. <https://doi.org/10.3390/nu17233801>
19. King, A., Etxebarria, N., et al. (2022). Short-term very high carbohydrate diet and gut-training. *Nutrients*, 14(9), 1929. <https://doi.org/10.3390/nu14091929>
20. King, A. J., Rowe, J. T., & Burke, L. M. (2020). Carbohydrate hydrogel products do not improve performance or gastrointestinal distress during moderate-intensity endurance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2019-0218>
21. Kinrade, N., & Galloway, S. (2021). Dietary observations of ultra-endurance runners in a 24-h ultra-marathon. *Frontiers in Physiology*, 12, 765888. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.765888>
22. Klingert, M., Nikolaidis, P. T., et al. (2022). Exercise-associated hyponatremia in marathon runners. *Journal of Clinical Medicine*, 11(22), 6775. <https://doi.org/10.3390/jcm11226775>
23. Kojima, C., Ishibashi, A., Ebi, K., & Goto, K. (2022). Exogenous glucose oxidation during endurance exercise under low energy availability. *PLOS ONE*,

- 17, e0276002. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0276002>
24. Kripp, A. M., Feichter, A., & König, D. (2026). Periodized carbohydrate intake influences metabolic flexibility and indices of running economy during endurance training in recreationally active males. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1750042. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1750042>
25. Lanpir, A. D., Eroğlu, M. N., Özyıldırım, M., & Louis, J. (2025). Under consumed and overestimated: Discrepancies in race-day carbohydrate intake among endurance athletes. *European Journal of Sport Science*, 25, e70055. <https://doi.org/10.1002/ejsc.70055>
26. Namineni, N., Potok, O. A., et al. (2021). Marathon runners' knowledge and strategies for hydration. *Clinical Journal of Sport Medicine*. <https://doi.org/10.1097/JSM.0000000000000990>
27. Lavoué, C., Siracusa, J., et al. (2020). Analysis of food and fluid intake in elite ultra-endurance runners during a 24-h world championship. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00364-7>
28. Leckey, J. J., Burke, L. M., Morton, J. P., & Hawley, J. A. (2016). Altering fatty acid availability does not impair prolonged, continuous running to fatigue. *Journal of Applied Physiology*, 120(2), 107–113. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00855.2015>
29. Martinez, I. G., Houghton, M. J., Forte, M., Williamson, G., Biesiekierski, J., & Costa, R. J. S. (2024). Development of a low-fructose carbohydrate gel for exercise application. *Heliyon*, 10, e33497. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e33497>
30. Mlinaric, J., & Mohorko, N. (2025). Nutritional strategies for minimizing gastrointestinal symptoms in endurance athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. <https://doi.org/10.1080/15502783.2025.2529910>

31. Naderi, A., Gobbi, N., Ali, A., Berjisian, E., Hamidvand, A., Forbes, S. C., Koozehchian, M. S., Karayigit, R., & Saunders, B. (2023). Carbohydrates and endurance exercise: A narrative review of a food first approach. *Nutrients*, 15(6), 1367. <https://doi.org/10.3390/nu15061367>
32. Newell, M. L., Hunter, A. M., Lawrence, C., Tipton, K. D., & Galloway, S. D. R. (2015). The ingestion of 39 or 64 g/h of carbohydrate is equally effective at improving endurance exercise performance in cyclists. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 25(3), 285–292. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2014-0134>
33. Plews, D. J., Booth, P. D., Krieger, T., & Maunder, E. (2026). Fuelled or fooled? Examining the evidence and mechanisms behind ultra-high carbohydrate intake in endurance athletes. *Sports Medicine*. <https://doi.org/10.1007/s40279-026-02462-z>
34. Podlogar, T., Bokal, S., Cirnski, S., & Wallis, G. A. (2022). Increased exogenous but unaltered endogenous carbohydrate oxidation with combined
35. fructose-maltodextrin ingested at 120 g/h versus 90 g/h. *European Journal of Applied Physiology*, 122, 2393–2403. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-05004-9>
36. Podlogar, T., & Wallis, G. A. (2022). New horizons in carbohydrate research and application for endurance athletes. *Sports Medicine*, 52(Suppl. 1), S5–S23. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01757-1>
37. Prins, P. J., Noakes, T. D., Buxton, J. D., Welton, G. L., Raabe, A. S., Scott, K. E., Atwell, A. D., Haley, S. J., Esbenschade, N. J., & Abraham, J. (2023). High fat diet improves metabolic flexibility during progressive exercise to exhaustion and during 5 km running time trials. *Metabolites*

13(3),

340. <https://doi.org/10.3390/metabo13030340>

38. Ramonas, A., Laursen, P. B., Williden, M., & Kilding, A. E. (2022). The effect of acute manipulation of carbohydrate availability on high intensity running performance, running economy, critical speed, and substrate metabolism in trained male runners. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2021.1987526>
39. Rauch, C., McCubbin, A., Gaskell, S., & Costa, R. J. S. (2022). Feeding tolerance, glucose availability and whole-body carbohydrate oxidation in endurance runners. *Frontiers in Physiology*, 12, 773054.
40. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.773054>
41. Reynolds, K. M., Juett, L. A., et al. (2023). Apple puree as a natural fructose source provides an alternative carbohydrate source during endurance exercise. *European Journal of Sport Science*. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2207074>
42. Rowe, J. T., King, R., King, A., Morrison, D., Preston, T., Wilson, O., & O'Hara, J. (2021). Glucose and fructose hydrogel enhances running performance, exogenous carbohydrate oxidation, and gastrointestinal tolerance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002690>
44. Ryan, T., Daly, E., & Ryan, L. (2024). Carbohydrate beliefs and practices of ultra-endurance runners in Ireland for gastrointestinal symptom management. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1408101. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1408101>
45. Scrivin, R., Costa, R. J. S., Pelly, F., Lis, D., & Slater, G. (2022). exploratory study of the management strategies reported by endurance athletes with exercise-associated gastrointestinal symptoms. *Frontiers in Nutrition*, 9, 1003445. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.1003445>

46. Scrivin, R., Costa, R. J. S., Pelly, F., Lis, D., & Slater, G. (2023). Carbohydrate knowledge, beliefs, and intended practices, of endurance athletes who report exercise-associated gastrointestinal symptoms. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1133022. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1133022>
47. Urdampilleta, A., Arribalzaga, S., Viribay, A., Castañeda-Babarro, A., Seco-Calvo, J., & Mielgo-Ayuso, J. (2020). Effects of 120 vs. 60 and 90 g/h carbohydrate intake during a trail marathon on neuromuscular function and high intensity run capacity recovery. *Nutrients*, 12(7), 2094. <https://doi.org/10.3390/nu12072094>
48. Viribay, A., Arribalzaga, S., Calleja-González, J., & Mielgo-Ayuso, J. (2020). Effects of 120 g/h of carbohydrates intake during a mountain marathon. *Nutrients*, 12(5), 1367. <https://doi.org/10.3390/nu12051367>
49. Wilson, P. B., & Ingraham, S. J. (2015). Glucose-fructose likely improves gastrointestinal comfort and endurance running performance relative to glucose-only. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 25, e607–e615. <https://doi.org/10.1111/sms.12386>
50. Zhao, X., Chen, Y., Li, X., Wen, W., Zhang, J., & Qiu, J. (2025). Gastrointestinal symptoms among recreational long distance runners in China: Prevalence, severity, and contributing factors. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1589344. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1589344>.