



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:

**CONSUMO DE CAFEÍNA Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE
CORREDORES DE MARATÓN Y ULTRARRESISTENCIA.**

AUTOR:

**ANNY ANDREA MORÁN ESTRELLA
CARLOS ALFREDO ESPARZA ALVEAR**

TUTOR:

Msc. EMILY GABRIELA BURGOS GARCIA

MILAGRO, 2026

Derechos de Autor

Sr. Dr.

Fabrizio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de
Milagro Presente.

Yo, **Carlos Alfredo Esparza Alvear y Anny Andrea Morán Estrella**, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Nutrición Deportiva**, como aporte a la Línea de Investigación **Suplementación y Ayudas Ergogénicas** 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, **20 de Julio del 2026**



Validar únicamente en FirmaDC.
Firmado electrónicamente por:
**CARLOS ALFREDO
ESPARZA ALVEAR**

Carlos Alfredo Esparza Alvear

C.I.: 060356016-0



Validar únicamente en FirmaDC.
Firmado electrónicamente por:
**ANNY ANDREA MORAN
ESTRELLA**

Anny Andrea Morán Estrella

C.I.: 1206711234

Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación

Yo, **Emily Gabriela Burgos García**, en mi calidad de tutor del trabajo de titulación, elaborado por **Carlos Alfredo Esparza Alvear**, cuyo tema es **CONSUMO DE CAFÉÍNA Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE CORREDORES**

DE MARATÓN Y ULTRARRESISTENCIA, que aporta a la Línea de Investigación **Suplementación y Ayudas Ergogénicas**, 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, 20 de Julio del 2026



Firmado electrónicamente por:
EMILY GABRIELA
BURGOS GARCIA

Emily Gabriela Burgos García

C.I.: 092898636-6

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los quince días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 09:59 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, LCDA. MORAN ESTRELLA ANNY ANDREA, a defender el Trabajo de Titulación denominado " **CONSUMO DE CAFÉINA Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE CORREDORES DE MARATÓN Y ULTRARRRESISTENCIA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, ROBLES LARRETA JOSELYN PAOLA 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	55.67
DEFENSA ORAL	36.67
PROMEDIO	92.33
EQUIVALENTE	MUY BUENO

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

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
JOSELYN PAOLA
ROBLES LARRETA

ROBLES LARRETA JOSELYN PAOLA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
ANNY ANDREA
MORAN ESTRELLA

MORAN ESTRELLA ANNY ANDREA
MAESTRANTE

FACULTAD DE POSGRADO

ACTA DE SUSTENTACIÓN

MAESTRÍA EN NUTRICIÓN DEPORTIVA

En la Facultad de Posgrado de la Universidad Estatal de Milagro, a los quince días del mes de julio del dos mil veintiseis, siendo las 09:59 horas, de forma VIRTUAL comparece el/la maestrante, NUT. ESPARZA ALVEAR CARLOS ALFREDO, a defender el Trabajo de Titulación denominado "**CONSUMO DE CAFÉINA Y SU IMPACTO EN EL RENDIMIENTO DEPORTIVO DE CORREDORES DE MARATÓN Y ULTRARRESISTENCIA.**", ante el Tribunal de Calificación integrado por: Msc ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL, Presidente(a), LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID en calidad de Vocal; y, ROBLES LARRETA JOSELYN PAOLA 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	55.67
DEFENSA ORAL	37.67
PROMEDIO	93.33
EQUIVALENTE	MUY BUENO

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

MSC ARMIJO VALVERDE KEVIN GABRIEL
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
JINSOP DAVID
LOAYZA MONTALVAN

LOAYZA MONTALVAN JINSOP DAVID
VOCAL



Firmado electrónicamente por:
JOSELYN PAOLA
ROBLES LARRETA

ROBLES LARRETA JOSELYN PAOLA
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL



Firmado electrónicamente por:
CARLOS ALFREDO
ESPARZA ALVEAR

ESPARZA ALVEAR CARLOS ALFREDO
MAESTRANTE

Dedicatoria

Con todo el cariño del mundo dedico este trabajo a Dios, a mis abuelitos, Humberto y Olguita. A mi abuelito Humberto, por ser mi ejemplo viviente de sabiduría, respeto y amor incondicional, a mi abuelita Olguita, quien me cuida y me sonríe desde el cielo; tu luz y tu recuerdo eterno fueron la guía silenciosa que me acompañó en cada noche de desvelo para alcanzar esta meta, este triunfo también es de ustedes.

A mis padres, Fabiola y Carlos, no existen palabras suficientes para expresar mi gratitud por su amor infinito, sus sacrificios y su apoyo inquebrantable, gracias por creer en mí en todo momento, por enseñarme el valor de la perseverancia y por ser el pilar fundamental sobre el cual construí este sueño que hoy se hace realidad.

A mi hermana Karina y a mis adorados sobrinos, Mateo y Rafita, a ti, hermana, gracias por tu complicidad, por escucharme y por ser mi apoyo constante en este camino, a mis pequeños Mateo y Rafita, por llenar mis días de risas y ternura; espero que este logro les sirva de inspiración para perseguir y alcanzar sus propios sueños.

A mi hijo Thiago, eres mi mayor tesoro, el motor que impulsa mi vida y la fuerza detrás de cada uno de mis esfuerzos, gracias por tu paciencia infinita durante mis horas de estudio y por tus abrazos llenos de energía, este título universitario es, por y para ti, el inicio de un mejor futuro juntos.

Agradecimientos

Agradezco profundamente a mis abuelitos, Humberto y Olguita, por heredarme los valores y el amor que unen a nuestra familia, a mi abuelito Humberto por sus palabras de aliento diarias, y a mi abuelita Olguita, cuyo legado y bendición desde el cielo me dieron la fortaleza espiritual necesaria para no rendirme jamás durante este proceso académico.

A mis padres, Fabiola y Carlos, les agradezco con el alma por haberme brindado las herramientas necesarias para salir adelante y superarme profesionalmente, gracias por su paciencia, por sus consejos oportunos y por respaldar cada una de mis decisiones; este logro académico es el fruto de su dedicación y amor de padres.

A mi hermana Karina, mi eterna gratitud por estar siempre presente, por celebrar cada pequeño avance de este proyecto y por ser mi gran red de apoyo, a mis sobrinos Mateo y Rafita, gracias por recordarme la felicidad de las cosas simples de la vida y por llenar este trayecto de sonrisas y momentos inolvidables.

Finalmente, agradezco de manera especial a mi hijo Thiago, gracias mi amor, por comprender mis ausencias en las horas de estudio, por ser mi mayor motivación para superarme y por darme el abrazo perfecto en los momentos de cansancio, eres la razón de este éxito y mi mayor orgullo.

Resumen

Introducción: La cafeína es una ayuda ergogénica con nivel de evidencia Grado A para deportes de resistencia extrema. Al actuar como antagonista competitivo de los receptores de adenosina (A1 y A2A), incrementa la liberación de dopamina y noradrenalina, disminuyendo la percepción del esfuerzo (RPE) y el dolor, lo que prolonga la tolerancia a la fatiga.

Objetivo: Analizar el impacto del consumo de cafeína en el rendimiento de corredores de maratón y ultrarresistencia, identificando sus mecanismos fisiológicos, protocolos de dosificación, factores individuales (genéticos y de tolerancia) y riesgos asociados. **Metodología:** Revisión narrativa cualitativa-documental de literatura científica entre 2015 y 2026. Se consultaron fuentes como PubMed, Scopus, Web of Science, Elicit y Sparring, utilizando descriptores relacionados con cafeína y carreras de resistencia. **Resultados:** Para maratones se recomienda una dosis única de 3-6 mg/kg de peso corporal 60 minutos antes de la prueba. En ultrarresistencia se sugiere la microdosificación (1-2 mg/kg cada 2-3 horas) para estabilizar los niveles plasmáticos, mostrando mejoras consistentes en el tiempo hasta el agotamiento (TTE) y mitigando el deterioro por privación de sueño. La respuesta es individual: el gen *CYP1A2* regula la velocidad de metabolización y el *ADORA2A* influye en la sensibilidad. Dosis inadecuadas causan taquicardia, ansiedad y malestar gastrointestinal, principales motivos de abandono.

Conclusiones: La cafeína actúa como un agente de seguridad cognitiva y resiliencia neuromuscular. Su éxito requiere una estrategia personalizada basada en el perfil genético, la duración de la prueba y el entrenamiento intestinal (*Gut Training*). Un consumo tardío puede perjudicar el sueño y la recuperación.

Palabras clave: cafeína, corredores, ultrarresistencia, maratón, rendimiento, *timing*, dosis, suplementación, percepción del esfuerzo.

Abstract

Introduction: Caffeine is an ergogenic aid with Grade A evidence for extreme endurance sports. By acting as a competitive antagonist of adenosine receptors (A1 and A2A), it increases the release of dopamine and norepinephrine, decreasing RPE and pain, thus prolonging fatigue tolerance.

Objective: To analyze the impact of caffeine consumption on the performance of marathon and ultra-endurance runners, identifying its physiological mechanisms, dosage protocols, individual factors (genetic and tolerance), and associated risks.

Methodology: A qualitative-documentary narrative review of scientific literature published between 2015 and 2026 was conducted. Sources such as PubMed, Scopus, Web of Science, Elicit, and Sparring were consulted, using descriptors related to caffeine and ultra-endurance running.

Results: A single dose of 3-6 mg/kg of body weight is recommended 60 minutes before the race. In ultra-endurance events, microdosing (1-2 mg/kg every 2-3 hours) is suggested to stabilize plasma levels, showing consistent improvements in time to exercise (TTE) and mitigating the impairment caused by sleep deprivation. The response is individual: the CYP1A2 gene regulates the rate of metabolism, and ADORA2A influences sensitivity. Inadequate doses cause tachycardia, anxiety, and gastrointestinal discomfort, the main reasons for dropping out.

Conclusions: Caffeine acts as a cognitive safety agent and neuromuscular resilience enhancer. Its success requires a personalized strategy based on genetic profile, race duration, and gut training, as late consumption can impair sleep and recovery.

Keywords: caffeine, runners, ultra-endurance, marathon, performance, timing, dose, supplementation, perceived exertion.

Lista de Figuras

Figura N°1. Metabolitos de la cafeína y sus principales vías metabólicas. 20

Lista de Tablas

<u>Tabla 1: Los metabolitos primarios de la cafeína y sus principales funciones</u>	21
<u>Tabla 2: Síntomas de la intoxicación por cafeína</u>	22
<u>Tabla 3. Resumen de diferencias técnicas de maratón y ultrarresistencia</u>	30
<u>Tabla 4. Resumen de cálculo calórico según tipo de prueba</u>	31
<u>Tabla 5. Características de los instrumentos utilizados para el análisis documental.</u>	38
<u>Tabla 6. Análisis de resultados según dimensiones e indicadores de las variables de estudio</u>	41
<u>Tabla 7. Interpretación técnica del beneficio y riesgo de la cafeína según dimensión analizada</u>	51

Índice / Sumario

Derechos de Autor.....	II
Aprobación del Tutor del Trabajo de Titulación.....	III
ACTA DE CALIFICACIÓN.....	IV
Dedicatoria.....	V
Agradecimientos.....	VI
Resumen.....	VII
Abstract.....	VIII
Lista de Figuras.....	IX
Lista de Tablas.....	X
Índice / Sumario.....	XI
Introducción.....	1
CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación.....	3
1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.2. Delimitación del problema.....	5
1.3. Formulación del problema.....	5
1.4. Preguntas de investigación.....	6
1.5. Objetivos.....	6
1.5.1 Objetivo general.....	6
1.5.2 Objetivos específicos.....	6
1.6. Justificación.....	7
1.7. Declaración de las variables (Operacionalización).....	9
CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial.....	11
2.1. Antecedentes Referenciales.....	11
2.2. Marco Conceptual.....	16
2.3. Marco Teórico.....	18
2.3.1. Definición de la Cafeína.....	18
2.3.2. Beneficios de la Cafeína.....	18
2.3.3. Metabolismo de la Cafeína.....	19
2.3.4. Efectos sobre el Rendimiento en Deportes de Ultrarresistencia.....	21
2.3.5. Dosis, Timing y Estrategias de Administración.....	21
2.3.6. Efectos de la Cafeína en Pruebas Aeróbicas o Anaeróbicas.....	22
2.3.7. Rendimiento Cognitivo y Neuromuscular.....	23
2.3.8. Uso de Sustratos Energéticos.....	23
2.3.9. Termorregulación.....	23
2.3.10. Glucógeno Muscular.....	24
2.3.11. Cardioprotección.....	25

2.3.12. Oxigenación Muscular y Reactividad Vascular	26
2.3.13. Efecto Antiinflamatorio y Respuesta Hormonal	26
2.3.14. Deportes de Maratón y Ultrarresistencia	28
2.3.16. Protocolo de Suplementación Estratégica	31
CAPÍTULO III: Diseño Metodológico	33
3.1. Tipo y diseño de investigación	34
3.2. La población y la muestra	36
CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados	37
4.1. Análisis e Interpretación de Resultados	37
CAPÍTULO V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones	56
5.1. Discusión	56
5.2. Conclusiones	63
5.3. Recomendaciones	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	73

Introducción

El ultra Trail y las carreras de ultrarresistencia, representan uno de los desafíos fisiológicos y psicológicos extremos en el ser humano, donde la fatiga central y periférica son los principales factores limitantes. En este contexto, la búsqueda de estrategias nutricionales y ayudas ergogénicas para mejorar la resistencia y la toma de decisiones se ha vuelto fundamental. Estas disciplinas implican unos esfuerzos continuos que pueden oscilar entre las 6 horas y más en terrenos técnicos y en condiciones ambientales variables (Duda et al., 2025).

En este escenario, la fatiga es un fenómeno periférico, y un proceso multidimensional donde el Sistema Nervioso Central (SNC) juega un papel fundamental, viéndose este afectado por la acumulación de adenosina, la depleción severa de glucógeno y la privación de sueño inherente a las carreras de larga duración (Wang et al., 2022).

Para contrarrestar estos retos, la cafeína tiene la capacidad de bloquear los

receptores de adenosina en el cerebro	XII	:	consolidado como la ayuda ergogénica
---------------------------------------	-----	---	--------------------------------------

más estudiada, utilizada y clasificada con el mayor nivel de evidencia científica (Grado A), para reducir la percepción del esfuerzo y aumentar la alerta mental retrasando la

aparición de la fatiga y su principal mecanismo de acción radica en su capacidad para actuar como un antagonista competitivo de los receptores de adenosina (A1 y A2A) en el cerebro (Davison et al., 2025).

La cafeína no solo estimula el SNC, sino que también favorece la movilización de ácidos grasos como fuente de combustible permitiendo el ahorro de glucógeno

muscular. También se puede decir que, al bloquear estos receptores, la cafeína aumenta la liberación de neurotransmisores excitadores como la dopamina y la noradrenalina, lo que conlleva a una Reducción significativa de la Percepción del Esfuerzo (RPE) y del dolor, permitiendo al atleta tolerar síntomas como la fatiga

durante más tiempo (Davison et al., 2025; Karakulak et al., 2025).

Sin embargo, la eficacia de la cafeína en el ultra Trail y su dosificación óptima, depende de una gestión estratégica y personalizada en la dosis y el timing a suministrar, ya que al momento de la ingesta y la variabilidad individual se obtendrán las respuestas de cada atleta para luego plantear los interrogantes sobre su aplicación en las pruebas ejecutadas y su duración, porque las recomendaciones generales sugieren entre 3 y 6 mg/kg unos 60 minutos antes del ejercicio, en eventos de ultradistancia y se sugiere la "micro-dosificación" (1-2 mg/kg cada 2-3 horas) para mantener niveles plasmáticos efectivos y evitar picos de ansiedad o malestar gástrico (Wu et al., 2025).

Por esto es necesario observar todos los factores genéticos (genes CYP1A2 y ADORA2A) y los posibles riesgos, ya que la cafeína puede exacerbar el daño celular intestinal o inducir insomnio, comprometiendo la recuperación en competiciones de varios días (Davison et al., 2025; Guest et al., 2021).

Por lo tanto, el presente trabajo analiza la evidencia científica actual sobre los beneficios, riesgos y estrategias del consumo de la cafeína declarando explícitamente el propósito de su uso en el rendimiento deportivo en corredores de ultra Trail.

CAPÍTULO I: El Problema de la Investigación

1.1. Planteamiento del problema

El deporte de ultra Trail o carrera de ultra fondo de montaña, es una disciplina de carrera a pie en medio natural que se caracteriza por esfuerzos extremos superiores a los 42,195 km y que, en algunas ocasiones, pueden prolongarse por más de 100 horas en terrenos técnicamente exigentes (Duda et al., 2025). En este escenario, la resistencia psicológica, la fatiga extrema y el dolor muscular adquieren un papel determinante, ya que la acumulación de adenosina y la privación del sueño constituyen factores críticos que limitan el rendimiento del deportista (Wang et al., 2022).

Con base en lo anterior, la cafeína ha sido considerada una ayuda ergogénica clave, debido a que estimula el sistema nervioso central y contribuye a reducir la percepción del esfuerzo y de la fatiga. No obstante, su aplicación en pruebas de ultradistancia enfrenta un problema logístico fundamental: la farmacocinética de la sustancia durante esfuerzos prolongados (Duda et al., 2025). Se ha señalado que una dosis única de cafeína previa a la carrera puede resultar insuficiente para cubrir toda la duración de un evento de ultrarresistencia, lo que obliga a muchos corredores a recurrir a la reingesta o a estrategias de “microdosificación”, sin contar siempre con pautas claras sobre el momento de administración ni sobre la dosis acumulada total (Karakulak et al., 2025; Wang et al., 2022).

Asimismo, la cafeína en este tipo de eventos puede comportarse como una estrategia de doble efecto; es decir, por un lado, puede mejorar el rendimiento al retrasar la fatiga, disminuir la percepción del dolor y aumentar la concentración y por otro, su uso inadecuado puede favorecer la aparición de taquicardia, deshidratación, molestias

gastrointestinales e incluso un descenso brusco de energía. En consecuencia, puede

representar una herramienta útil cuando se emplea de forma adecuada, pero también un riesgo cuando se utiliza sin control ni personalización (Spriet, 2020).

Por otra parte, aunque la cafeína reduce la percepción del esfuerzo, estudios recientes indican que también podría exacerbar el daño celular intestinal inducido por el ejercicio, medido a través de la proteína iFABP en plasma. Dado que los problemas gastrointestinales constituyen una de las principales causas de abandono en ultramaratones, el uso indiscriminado de cafeína podría comprometer la integridad del epitelio intestinal y por ende, la capacidad del atleta para procesar nutrientes y completar la prueba. Este riesgo parece ser aún mayor en individuos con sensibilidades genéticas específicas, como aquellos con genotipo TT del gen ADORA2A, quienes presentan un daño intestinal significativamente más marcado bajo el efecto de la cafeína (Davison et al., 2025; *Ultramarathon Nutrition Guide*, 2025).

También se ha evidenciado una falta de personalización en las recomendaciones actuales sobre el uso de cafeína en deportistas de ultra trail, ya que con frecuencia no se considera la amplia variabilidad individual mediada por factores genéticos y de sexo, ni las implicaciones que esto tiene en su aplicación práctica. De igual manera, la mayoría de los metaanálisis sobre cafeína y rendimiento en carrera han incluido una participación femenina reducida, lo que limita la comprensión de cómo las variaciones hormonales y el ciclo menstrual pueden influir en el metabolismo de la cafeína y en la respuesta a la fatiga (Davison et al., 2025; Guest et al., 2021).

Finalmente, también puede existir un conflicto entre el uso de cafeína para mantener el estado de alerta durante tramos nocturnos y su posible impacto negativo sobre la arquitectura del sueño posterior. Esto podría retrasar la recuperación neuroendocrina y muscular en competiciones de varios días, afectando no solo el rendimiento

inmediato, sino también la recuperación fisiológica del corredor (Davison et al., 2025). Por lo tanto, el problema central a investigar radica en cómo optimizar el uso estratégico de la cafeína para maximizar el rendimiento físico y cognitivo sin exacerbar la disfunción gastrointestinal ni comprometer la recuperación del deportista.

1.2. Delimitación del problema

El propósito principal de esta investigación se enfoca en corredores adultos de ultra trail, ultrarresistencia, que son corredores de élite, es comprender los límites fisiológicos, psicológicos y metabólicos del ser humano bajo un esfuerzo extremo. Con esto se busca optimizar el rendimiento, prevenir lesiones y entender las adaptaciones únicas como alta proporción de fibras de contracción lenta, que permiten a estos atletas mantener un alto desempeño por largos periodos.

El problema se delimita al análisis del impacto multidimensional del uso de la cafeína en el rendimiento físico y cognitivo, explorando concretamente cómo la gestión de la dosificación, el timing influye en la fatiga central, la disminución de la percepción del esfuerzo y mejorar la concentración, ya que, al bloquear los receptores de adenosina, ayuda a mantener el rendimiento cognitivo y físico durante largas horas optimizando la quema de grasas y reduciendo la sensación del dolor. Por tanto, se consideran los riesgos críticos para este deporte, el daño epitelial intestinal inducido por el ejercicio y la cafeína, así como la alteración de la recuperación debido a la interferencia con la calidad del sueño en eventos de varios días.

1.3. Formulación del problema

¿Cuál es la evidencia disponible sobre el consumo de cafeína y su impacto en el rendimiento deportivo en corredores de maratón y de ultrarresistencia?

· Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son los mecanismos fisiológicos y neuromusculares mediante los cuales la cafeína puede influir en el rendimiento de corredores de maratón y ultrarresistencia?
- ¿Qué protocolos de dosificación, formas de administración y momentos de ingesta de cafeína son los más utilizados y reportados en corredores de maratón y ultrarresistencia?
- ¿Qué factores individuales, incluidos los genéticos, la tolerancia habitual y el nivel de entrenamiento, modifican la respuesta ergogénica a la cafeína en corredores de maratón y ultrarresistencia?
- ¿Cuáles son los principales efectos adversos y riesgos asociados al uso inadecuado de la cafeína en corredores de maratón y ultrarresistencia?

1.5. Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Analizar el consumo de cafeína y su impacto en el Rendimiento Deportivo de Corredores de Maratón y Ultrarresistencia.

1.5.2 Objetivos específicos

- Describir los mecanismos fisiológicos y neuromusculares mediante los cuales la cafeína puede influir en el rendimiento de corredores de maratón y ultrarresistencia.
- Identificar los protocolos de dosificación, las formas de administración y los momentos de ingesta más utilizados en la suplementación con cafeína en corredores de maratón y ultrarresistencia.
- Analizar los factores individuales, incluidos los genéticos, la tolerancia habitual y el nivel de entrenamiento, que pueden modificar la respuesta ergogénica a la cafeína.

- Examinar los efectos adversos y los principales riesgos asociados al uso inadecuado de la cafeína en corredores de maratón y ultrarresistencia.

1.6. Justificación

El estudio del uso de la cafeína en corredores de maratón y ultrarresistencia es relevante porque aborda una de las ayudas ergogénicas más utilizadas en el deporte, pero cuya aplicación en pruebas prolongadas todavía presenta interrogantes sobre eficacia, dosificación y seguridad. Aunque la evidencia científica muestra que la cafeína puede mejorar el rendimiento físico y reducir la percepción subjetiva del esfuerzo, en las disciplinas de larga duración intervienen condiciones particulares como la fatiga acumulada, la privación del sueño, la exigencia cognitiva y la tolerancia gastrointestinal, lo que hace necesario analizar su uso de manera específica y no extrapolar recomendaciones generales obtenidas en otros contextos deportivos (Guest et al., 2021; Wang et al., 2022).

Desde la perspectiva teórica, esta investigación se justifica porque permitirá integrar y organizar la evidencia científica reciente sobre los mecanismos fisiológicos, perceptivos y cognitivos mediante los cuales la cafeína puede influir en el rendimiento de corredores de maratón y ultrarresistencia. Asimismo, contribuirá a delimitar con mayor claridad los beneficios potenciales, las limitaciones y los factores que modifican la respuesta individual, como la genética, la habituación, el sexo y el nivel de entrenamiento. Este aporte resulta pertinente porque la literatura actual presenta hallazgos favorables, pero también discrepancias en torno al timing, la dosis acumulada y los posibles efectos adversos en escenarios prolongados, lo que evidencia una brecha de conocimiento aún no resuelta por completo (Davison et al., 2025; Duda et al., 2025)

Desde la perspectiva metodológica, el trabajo aporta al emplear una revisión narrativa

documental sustentada en literatura científica reciente, seleccionada en bases de datos académicas reconocidas y con criterios definidos de inclusión y exclusión. Este enfoque permitirá contrastar estudios originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis y documentos de consenso, con el fin de obtener una comprensión amplia y crítica del fenómeno. Su valor metodológico radica en que no se limita a describir resultados aislados, sino que busca sintetizar, comparar e interpretar la evidencia disponible de manera útil para la investigación y la práctica profesional en nutrición deportiva (Guest et al., 2021; Wang et al., 2022).

Desde el punto de vista educativo, esta investigación es valiosa porque fortalece la formación académica en nutrición deportiva basada en evidencia. La revisión crítica de la literatura permitirá desarrollar competencias en búsqueda, selección, análisis e interpretación de información científica, fundamentales para la toma de decisiones informada en el ámbito profesional.

Desde la perspectiva práctica, el estudio puede contribuir a orientar mejor las decisiones de nutricionistas deportivos, entrenadores y corredores al ofrecer una visión más clara sobre el uso seguro y eficaz de la cafeína en pruebas prolongadas. Esto es importante porque su consumo, aunque puede favorecer el rendimiento, también podría asociarse con molestias gastrointestinales, alteraciones del sueño y respuestas variables según el perfil individual del atleta (Davison et al., 2025; Spriet, 2020).

En cuanto a su novedad científica, este trabajo no busca demostrar experimentalmente un efecto inédito, sino realizar una actualización crítica y específica del conocimiento reciente sobre cafeína en corredores de maratón y ultrarresistencia. Por ello, se enmarca como un proyecto de mejora del conocimiento aplicado, desarrollado mediante una revisión narrativa documental, cuyo propósito

aportar evidencia organizada y útil para optimizar la práctica de la nutrición deportiva.

1.7. Declaración de las variables (Operacionalización)

Variable	Tipo de variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Suplementación con cafeína	Independiente	Consumo de cafeína con finalidad ergogénica para modificar la respuesta fisiológica, perceptiva y cognitiva durante el ejercicio de resistencia prolongada.	En esta investigación se analizará a partir de estudios científicos publicados sobre corredores de maratón y ultrarresistencia, considerando la administración aislada de cafeína antes o durante la prueba. Se examinará según la información reportada en la literatura respecto a dosis, momento de ingesta, forma de administración y patrón de consumo.	Dosificación; timing de ingesta; forma de administración; patrón de consumo	mg/kg de peso corporal; dosis absoluta en mg; ingesta preejercicio; ingesta durante la competencia; microdosificación; cápsulas; geles; bebidas; chicles; consumo habitual; consumo agudo

Rendimiento deportivo en corredores de maratón y ultrarresist	Dependiente	Conjunto de respuestas físicas, fisiológicas, perceptivas y cognitivas que	En esta investigación se analizará mediante los resultados reportados	Desempeño físico; fatiga y esfuerzo percibido; respuesta cognitiva; recuperación	tiempo de carrera; tiempo hasta el agotamiento; velocidad; potencia;
--	-------------	--	---	--	--

encia		determinan el desempeño del corredor en pruebas prolongadas de resistencia.	en la evidencia científica sobre el efecto de la cafeína en variables de desempeño físico, fatiga, percepción del esfuerzo, respuesta cognitiva y recuperación en corredores de maratón y ultrarresistencia.	n; efectos adversos asociados	percepción subjetiva del esfuerzo; fatiga central; estado de alerta; concentración; calidad del sueño; molestias gastrointestinales; nerviosismo; taquicardia; tolerancia al esfuerzo
--------------	--	---	--	-------------------------------	---

CAPÍTULO II: Marco Teórico Referencial

2.1. Antecedentes Referenciales

En la literatura reciente, la cafeína se mantiene como una de las ayudas ergogénicas con mayor respaldo para deportes de resistencia; sin embargo, cuando se revisa la evidencia con un enfoque más específico en carrera de fondo, maratón y condiciones afines a la ultrarresistencia, se observa que no todos los estudios aportan el mismo nivel de sustento. Algunos trabajos tienen un peso especial porque cuantifican el efecto de la cafeína sobre variables centrales del rendimiento, mientras que otros permiten entender mejor el contexto real de uso, los factores que modifican la respuesta y los costos fisiológicos que pueden acompañar su consumo. Precisamente por ello, los antecedentes más útiles para esta investigación no son solo aquellos que muestran una mejora del desempeño, sino los que permiten explicar cuánto mejora, en qué condiciones mejora y en qué casos esa mejora podría verse limitada por el sueño, el intestino o la variabilidad individual.

Uno de los antecedentes internacionales con mayor peso metodológico es el metaanálisis de Wang et al., (2023), elaborado específicamente sobre rendimiento en carrera de resistencia. Este estudio resulta especialmente valioso porque no extrapola hallazgos desde ciclismo o pruebas mixtas, sino que centra su análisis en running. Los autores revisaron la literatura disponible en varias bases de datos y concluyeron que la cafeína, en dosis de 3 a 9 mg/kg, produjo dos hallazgos clave: por un lado, un aumento global del $16.97 \% \pm 14.65 \%$ en el tiempo hasta el agotamiento; y por otro, una disminución media de $0.71 \% \pm 0.83 \%$ en el tiempo de las pruebas contrarreloj. Aunque esa reducción porcentual puede parecer pequeña, en deportes de resistencia ese margen es competitivamente relevante, porque una diferencia menor al 1 % puede modificar el resultado final en corredores entrenados. En términos de construcción

teórica, este antecedente aporta una base muy sólida para sostener que la cafeína sí tiene un efecto ergogénico medible en carrera, aunque dicho efecto parece ser más consistente cuando el desenlace se evalúa como tolerancia al esfuerzo o tiempo hasta la fatiga que cuando se mide como tiempo final de prueba (Wang et al., 2023).

Ahora bien, si ese metaanálisis demuestra que la cafeína funciona en condiciones experimentales, el estudio de Kreutzer et al., (2022) permite responder una pregunta distinta pero igual de importante: cómo la están utilizando realmente los atletas de resistencia. En una encuesta aplicada a 254 deportistas de endurance 98 corredores, 83 triatletas, 54 ciclistas y 19 atletas de otras disciplinas, los autores hallaron que el

85.0 % consumía cafeína de forma habitual, pero solo el 24.0 % usaba suplementos específicos con cafeína. Además, observaron que los hombres suplementaban con mayor frecuencia que las mujeres (31.7 % vs. 17.2 %; $p = 0.007$) y que gran parte de los atletas ingería cafeína más cerca del ejercicio de lo que suelen indicar los protocolos clásicos de laboratorio: 49.1 % la consumía dentro de los 30 minutos previos al entrenamiento y 34.9 % dentro de ese mismo margen antes de competir. A esto se añade otro hallazgo de gran utilidad para tu tesis: los atletas recreativos reportaron dosis menores a las tradicionalmente ergogénicas, con promedios de 1.6 ± 1.0 mg/kg antes de entrenar y 2.0 ± 1.2 mg/kg antes de competir. Este estudio no mide rendimiento directo, pero sí aporta un referente muy fuerte para justificar que existe una brecha entre la evidencia experimental y la práctica cotidiana del deportista, lo cual es central cuando se pretende discutir dosificación, timing y uso estratégico en contextos reales (Kreutzer et al., 2022).

En una línea más aplicada al rendimiento bajo fatiga, Tsai et al., (2025) estudiaron una condición particularmente relevante para maratón y ultrarresistencia: la

restricción parcial del sueño. En su ensayo cruzado, 10 corredores recreativos masculinos

completaron cuatro condiciones experimentales combinando sueño normal o sueño restringido con cafeína o placebo. Los resultados fueron muy ilustrativos. Cuando los participantes corrieron tras privación parcial del sueño y placebo, el tiempo en 10 km empeoró en 5 %, pasando de 49.4 ± 6.9 min a 51.9 ± 7.7 min ($p = 0.001$). Sin embargo, cuando se administró cafeína a 6 mg/kg, el tiempo mejoró en 7.7 % respecto a la condición de privación de sueño con placebo (47.9 ± 7.3 min vs. 51.9 ± 7.7 min; $p = 0.007$) y en 2.8 % respecto a la condición de sueño normal con placebo (48.0 ± 6.4 min vs. 49.4 ± 6.9 min; $p = 0.049$). En otras palabras, la cafeína no solo mejoró el rendimiento, sino que prácticamente neutralizó el deterioro inducido por una noche de sueño parcial reducido. Este hallazgo es particularmente potente para tu proyecto porque conecta cafeína, rendimiento, fatiga central y vigilia, todos ellos componentes muy cercanos a la fisiología de la ultrarresistencia (Tsai et al., 2025).

Sin embargo, una revisión seria del tema no puede quedarse únicamente en los beneficios. En ese sentido, el estudio preliminar de Davison et al., (2025) aporta un contrapeso muy importante porque muestra que el efecto ergogénico de la cafeína puede coexistir con efectos fisiológicos no deseables. En esta investigación, 18 hombres y mujeres ingirieron 3 mg/kg de cafeína o placebo 45 minutos antes de una prueba de ciclismo compuesta por 20 minutos al 70 % del $\text{VO}_2\text{máx}$ seguidos de una contrarreloj de 15 minutos. El interés del estudio no estuvo solo en el rendimiento, sino en el daño agudo del epitelio intestinal y en la modulación genética de esa respuesta. Los autores concluyeron que la cafeína exacerbó el daño celular intestinal inducido por el ejercicio y que dicho efecto estuvo influido por el genotipo ADORA2A, aunque no por CYP1A2. Este antecedente tiene un valor especial para tu investigación porque desplaza la discusión desde la visión simplista de “la cafeína mejora el rendimiento” hacia una interpretación más clínica y personalizada: en pruebas prolongadas, donde el aparato gastrointestinal ya está sometido a estrés,

una estrategia ergogénica puede

ser útil para algunos atletas y contraproducente para otros (Davison et al., 2025).

En el ámbito latinoamericano, uno de los trabajos más consistentes es el de Loureiro et al., (2021), desarrollado en Brasil. Aunque no se centró en maratón como tal, sí estudió un aspecto decisivo para el rendimiento de resistencia: la recuperación del glucógeno muscular. En un ensayo clínico aleatorizado, doble ciego y cruzado, realizado en 14 varones entrenados en resistencia con 11 incluidos en el análisis final, los investigadores demostraron que añadir café a una bebida con cantidad adecuada de carbohidratos incrementó la resíntesis de glucógeno muscular y mejoró la respuesta glucémica e insulinémica postejercicio. Este hallazgo tiene un peso particular porque amplía la lectura del papel de la cafeína: no solo puede influir en el esfuerzo agudo, sino también en la reposición energética posterior, algo especialmente útil en deportistas que realizan sesiones exigentes consecutivas o eventos de larga duración con recuperación incompleta. Por ello, este estudio refuerza la idea de que el valor ergogénico de la cafeína no se limita al “antes” o “durante” de la competencia, sino que puede extenderse al escenario de recuperación metabólica (Loureiro et al., 2021).

Otro antecedente latinoamericano de interés es el de Sampaio-Jorge et al., (2021), también en Brasil, quienes evaluaron el efecto de la cafeína sobre el rendimiento contrarreloj y la modulación autonómica cardíaca en ciclistas. En esta investigación, los participantes consumieron 6 mg/kg de cafeína 60 minutos antes de una prueba contrarreloj de 16 km. Los resultados mostraron mejoras en el tiempo total, con diferencias de -39.3 s y -43.4 s frente a placebo, así como incrementos de 5.55 W y 6.17 W en la potencia de salida ($P = 0.00$). Además, al final de la prueba, las condiciones con cafeína mostraron una mayor modulación parasimpática, lo que los autores interpretaron como un posible efecto cardioprotector. Aunque el estudio se

hizo en ciclismo, su inclusión como antecedente regional es válida porque aporta evidencia experimental latinoamericana de alta calidad sobre rendimiento de resistencia y muestra que la cafeína no solo modifica el desenlace de tiempo, sino también respuestas fisiológicas asociadas a la carga cardiovascular del esfuerzo (Sampaio-Jorge et al., 2021).

A ello se suma un aspecto que, en el contexto de maratón y ultrarresistencia, no puede pasar desapercibido: el sueño posterior al consumo de cafeína. La revisión sistemática con metaanálisis de Kocak et al., (2025) mostró que, cuando la cafeína se consume antes de sesiones o competiciones de la tarde-noche, puede haber una reducción pequeña pero significativa en la eficiencia del sueño. En la síntesis cuantitativa de los ensayos aleatorizados, la eficiencia del sueño disminuyó en promedio 4.87 % (IC 95

%; -7.45 a -2.29; $p = 0.04$) y el tiempo total de sueño tendió a reducirse aproximadamente 32.47 minutos, aunque esta última diferencia no alcanzó significación estadística. Este antecedente resulta muy útil porque obliga a equilibrar la discusión: la cafeína puede ayudar a sostener el rendimiento en el esfuerzo agudo, pero si se usa en horarios tardíos también puede deteriorar la recuperación, lo que en eventos de varios días o en microciclos con alta carga puede terminar restando más de lo que aporta (Kocak et al., 2025).

En el plano nacional, la situación es distinta y merece ser contextualizada con más cuidado. En la búsqueda realizada para este apartado no se identificaron artículos ecuatorianos, entre 2021 y 2026, publicados en revistas de alto impacto y centrados de forma directa en cafeína y rendimiento en maratón o ultrarresistencia. Lejos de debilitar el tema, esta ausencia refuerza su pertinencia, porque evidencia una brecha local de producción científica. Dentro de ese escenario, el antecedente más próximo es el trabajo de Suárez González y Orbea Cadena (2026), desarrollado en la

en Nutrición Deportiva de la Universidad Estatal de Milagro. Su estudio tuvo como objetivo analizar la asociación entre la ingesta aguda de cafeína y la percepción del esfuerzo, la fatiga percibida y la percepción subjetiva del rendimiento en 50 corredores amateur del equipo MAT-Latacunga, es decir, en una población que entrenaba en condiciones reales y a moderada altitud. Metodológicamente, se trató de un estudio cuasi experimental, con grupos no equivalentes y medición posttest; el grupo experimental recibió 3 mg/kg de cafeína y se utilizó la escala de Borg 6–20 para el esfuerzo, la subescala de fatiga del POMS abreviado para fatiga percibida y una escala subjetiva de rendimiento de 0 a 10 puntos. Los resultados mostraron una asociación significativa entre la ingesta de cafeína y una menor percepción del esfuerzo, menor fatiga percibida y mayor percepción subjetiva del rendimiento. Aunque este antecedente no posee la jerarquía metodológica de un ensayo indexado internacional, sí tiene una fortaleza contextual importante: traslada la discusión al corredor amateur ecuatoriano, fuera del laboratorio, y permite sostener que el problema de investigación no solo es relevante desde la teoría, sino también desde la práctica local del entrenamiento y la suplementación (Suárez González & Orbea Cadena, 2026).

2.2. Marco Conceptual

- **Ayuda Ergogénica:** Se refiere a cualquier técnica, sustancia o dispositivo que mejora el rendimiento físico o mental (Duda et al., 2025; Wang et al., 2022).
- **Relación Glutación Oxidado/Reducido (GSSG/GSH):** Es un marcador bioquímico fundamental para medir el estrés oxidativo y el estado de equilibrio redox en el cuerpo. El glutatión reducido (GSH) actúa como un potente antioxidante que se convierte en su forma oxidada (GSSG) al neutralizar radicales libres. Una disminución en esta relación (menos GSH respecto a

GSSG) indica un aumento del daño oxidativo (Owen & Butterfield, 2010).

- **Antagonista de los Receptores de Adenosina:** Sustancia que bloquea competitivamente los receptores A1 y A2A en el sistema nervios (Silva et al., 2025; Spriet, 2020)(Spriet, 2020).
- **RPE (Rating of Perceived Exertion / Escala de Esfuerzo Percibido):** Medida subjetiva que indica la intensidad del esfuerzo que un atleta siente que está realizando (Duda et al., 2025; Silva et al., 2025).
- **Citocromo P-450 (CYP):** Es un sistema enzimático de oxidación de función mixta localizado en el hígado, encargado de metabolizar y detoxificar xenobióticos (sustancias extrañas) en el organismo. Dentro de este sistema, la isoforma CYP1A2 es la principal responsable de metabolizar entre el 90% y el 95% de la cafeína, transformándola en metabolitos como la paraxantina (Spriet, 2020).
- **Fatiga Central:** Tipo de fatiga que se origina en el Sistema Nervioso Central (SNC) y que reduce la capacidad de enviar señales excitadoras a los músculos (Silva et al., 2025).
- **iFABP (Proteína de Unión a Ácidos Grasos Intestinales):** Biomarcador en plasma que indica daño celular agudo en el epitelio intestinal (enterocitos) (Davison et al., 2025).
- **Genotipo ADORA2A:** Variante genética que determina la sensibilidad de los receptores de adenosina ante la cafeína (Davison et al., 2025).
- **Genotipo CYP1A2:** Gen que codifica la enzima hepática responsable de metabolizar entre el 90% y 95% de la cafeína (Duda et al., 2025).
- **TTE (Time to Exhaustion / Tiempo hasta el Agotamiento):** Protocolo de prueba que mide cuánto tiempo puede un atleta mantener una intensidad fija antes de detenerse por fatiga volitiva (Wang et al., 2023).

- **Farmacocinética:** Estudio de cómo el cuerpo absorbe, distribuye, metaboliza y excreta una sustancia (Kreutzer et al., 2022).
- **Micro-dosificación:** Estrategia de administración que consiste en ingerir dosis bajas y frecuentes de una sustancia (Spriet, 2020).

2.3. Marco Teórico

2.3.1. Definición de la Cafeína

La cafeína es un estimulante natural del sistema nervioso central (SNC), es un compuesto alcaloide derivado de la metilxantina conocida por aumentar el estado de alerta, reducir la fatiga y mejorar la concentración porque actúa como una sustancia psicoactiva y estimulante muy consumida a nivel mundial. Se encuentra de forma natural en más de 60 especies de plantas, destacando los granos de café, las hojas de té, el cacao y las bayas de guaraná, aunque también puede producirse de manera sintética en laboratorios para su uso en suplementos, bebidas energéticas y fármacos. En el ámbito de la nutrición deportiva, la cafeína es una de las ayudas ergogénicas de Grado A más estudiadas y efectivas en este ámbito, lo que significa que posee el nivel más alto de evidencia científica en cuanto a su seguridad y eficacia para potenciar el rendimiento físico, mental (Guest et al., 2021) y aumenta la oxidación de grasas.

2.3.2. Beneficios de la Cafeína

Desde una perspectiva fisiológica y de rendimiento, la cafeína ofrece beneficios multidimensionales como:

- **Reducción del esfuerzo percibido (RPE):** Disminuye la percepción de fatiga, del esfuerzo y del dolor muscular, permitiendo al deportista tolerar y mantener intensidades más altas durante periodos prolongados (Davison et al., 2025).

- **Optimización neuromuscular:** Mejora la conexión cerebro-músculo, lo que

potencia el reclutamiento de unidades motoras y favorece la liberación de calcio en las células musculares, mejorando la fuerza de contracción y la resistencia (Silva et al., 2025).

- **Metabolismo energético:** La cafeína, potencia el metabolismo energético al estimular el sistema nervioso central, porque facilita la oxidación de ácidos grasos libres, mejora el rendimiento físico al retrasar la fatiga, eleva la termogénesis lo que favorece el gasto calórico y todo esto teóricamente puede ayudar al ahorro de glucógeno muscular en las fases iniciales del ejercicio de resistencia (Burke et al., s/f).

La cafeína es un potente aliado en corredores de Ultra Trail y alto rendimiento, ya que es absorbida casi al 100% por el tracto gastrointestinal, alcanzando su pico de concentración plasmática entre 45 y 60 minutos después de su ingesta oral. Es metabolizada principalmente en el hígado por el sistema enzimático del citocromo P-450 (isoforma CYP1A2) y tiene una vida media promedio de entre 3 y 6 horas. Debido a esta farmacocinética, su eficacia en estos deportes de larga duración, como el ultra-trail, depende de una planificación estratégica de la dosis y el timing para mantener niveles efectivos sin inducir efectos adversos como el insomnio o el malestar gástrico (Belayneh & Molla, 2020).

2.3.3. Metabolismo de la Cafeína

El metabolismo de la cafeína (1,3,7-trimetilxantina) es un proceso complejo, porque cuando se consume por vía oral, el cuerpo la absorbe aproximadamente en 45 minutos después de haber sido ingerida y después de 2 horas la cafeína alcanza su nivel máximo en la sangre (Cuartas Agudelo et al., 2024).

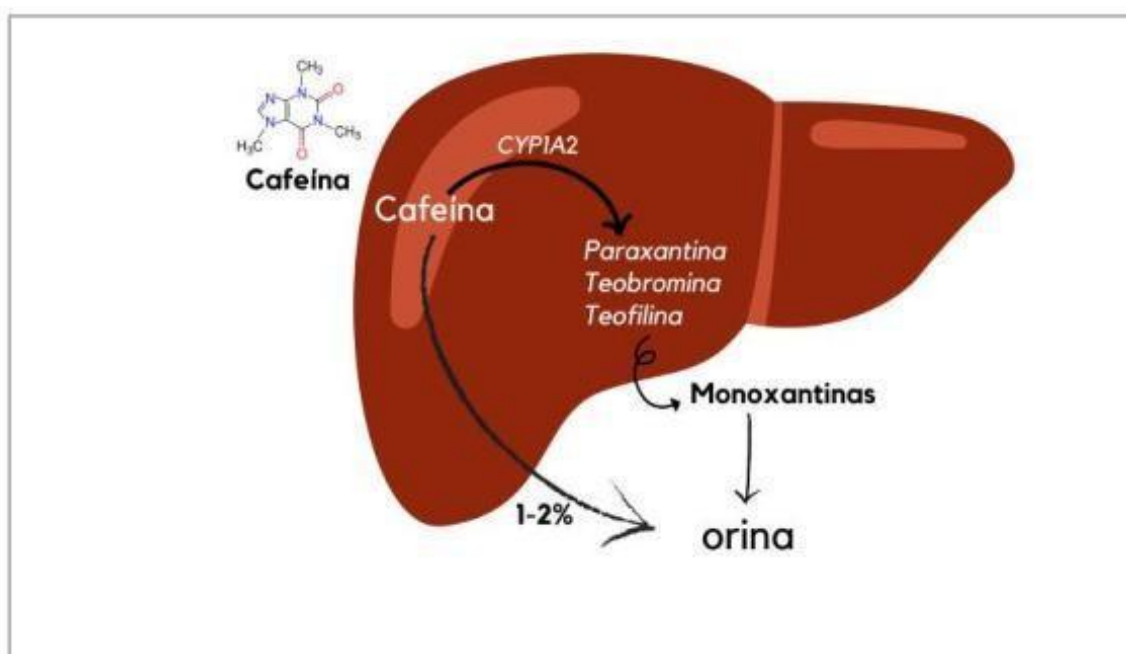
La cafeína se distribuye por todo el cuerpo, incluyendo el cerebro, el corazón, el hígado y los riñones, logrando disminuir la síntesis de ácidos grasos, la acción en la enzima acetil CoA carboxilasa y el receptor de proliferación de peroxisomas

tipo alfa (PPAR-alfa), ya que inducen en la activación de la lipoproteína lipasa que a su vez, reduce la acumulación de grasa en el hígado, obteniendo efectos antiinflamatorios y antioxidativos evidenciados por menores concentraciones de glutatión oxidado, un producto derivado de la oxidación, cuando se consume café.

La cafeína es metabolizada en el hígado por el citocromo P-450 (CYP), principalmente por la enzima CYP1A2, donde ocurre una desmetilación de la cafeína que da lugar a la formación de tres metabolitos principales que son: paraxantina (84%), teobromina (12%) y teofilina (4%), estos estimulan el sistema nervioso y tienen efectos metabólicos (Fig. N°1), convirtiéndose en ácido úrico excretados a través de la orina (Cuartas Agudelo et al., 2024; Gómez Leyva et al., 2021).

Los metabolitos de la cafeína y sus funciones se detallan en la Tabla N°1.

Figura N°1. Metabolitos de la cafeína y sus principales vías metabólicas.



Fuente: Cuartas Agudelo et al., 2024; Sumedha Reddy et al., 2024.

Tabla 1: Los metabolitos primarios de la cafeína y sus principales funciones

Paraxantina (Rehman Rahimi et al., 2024)	Estimula la degradación de grasas (lipólisis) Conversión de glucógeno en glucosa (glucogenólisis) Contribuye a mayor contractilidad muscular
Teobromina (Zhang et al, 2024)	Estimulante suave del sistema nervioso central Propiedades neuroprotectoras, antioxidantes y antiinflamatorias
Teofilina (Zhang et al, 2024)	Broncodilatador Tratamiento del asma bronquial y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica

2.3.4. Efectos sobre el Rendimiento en Deportes de Ultrarresistencia

Diversas revisiones sistemáticas han documentado mejoras significativas en el tiempo hasta el agotamiento y en el rendimiento general de pruebas de resistencia tras la ingesta de cafeína (Wang et al., 2022), reportaron que dosis entre 3 y 6 mg/kg de masa corporal pueden mejorar el rendimiento entre un 2 % y un 4 % en eventos prolongados, una diferencia que puede ser determinante en el contexto competitivo. En deportes de ultrarresistencia, la cafeína también ejerce un efecto positivo sobre la función cognitiva, manteniendo la atención, el estado de alerta y la toma de decisiones durante la privación de sueño o en las fases finales del esfuerzo (Kreutzer et al., 2022). Estas propiedades hacen que el suplemento sea particularmente útil durante pruebas nocturnas o en situaciones de fatiga acumulada.

2.3.5. Dosis, Timing y Estrategias de Administración

Las recomendaciones actuales señalan que dosis de 3 a 6 mg/kg de masa corporal, administradas aproximadamente una hora antes del ejercicio, son efectivas para mejorar el rendimiento (Guest et al., 2021).

Sin embargo, en pruebas de ultrarresistencia se han propuesto estrategias de “*microdosis*” o “*topping up*”, consistentes en ingerir pequeñas cantidades de cafeína (20–40 mg) cada hora durante la competencia, con el objetivo de mantener niveles plasmáticos estables y evitar efectos secundarios (Kreutzer et al., 2022).

La elección de la forma de administración también puede modificar la respuesta: las cápsulas y geles presentan absorción más lenta pero duradera, mientras que los chicles o bebidas con cafeína ofrecen un efecto más rápido, ideal para fases específicas de la prueba (Silva et al., 2025a).

Tabla 2: Síntomas de la intoxicación por cafeína.

Órgano o sistema afectado	Síntoma
Sistema Nervioso Central	Agitación
	Ansiedad
	Delirio
	Dolor de cabeza
	Insomnio
	Irritabilidad
	Temblor muscular
	Convulsiones
	Alteraciones sensoriales
Sistema cardiovascular	Arritmia cardíaca
	Insuficiencia circulatoria
	Taquicardia
	Palpitaciones
Sistema gastrointestinal	Diarrea
	Dolor abdominal
	Náuseas
	Vómito
Riñón	Aumento de la diuresis

(Belayneh & Molla, 2020)

2.3.6. Efectos de la Cafeína en Pruebas Aeróbicas o Anaeróbicas

(Stadheim et al., 2021), hicieron un estudio con 23 atletas masculinos de élite entrenados en resistencia, en donde mostraron que la suplementación con cafeína contribuyó significativamente en el aumento del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), la frecuencia cardíaca y ventilación pulmonar, lo cual contribuyó a mejorar el tiempo hasta el agotamiento durante el rendimiento físico.

Sin embargo, en la investigación de (Clarke & Richardson, 2021) realizaron un estudio a 27 hombres y 19 mujeres en una prueba de ciclismo de 5 km, en un cicloergómetro 60 min después de ingerir la cafeína (3 mg/kg), así como el grupo

placebo. La prueba contrarreloj fue ligeramente más rápida en los hombres (Cafeína:

451 ± 31 s; Placebo

465 ± 38 s) que las mujeres (Cafeína: 516 ± 42 s; Placebo 526 ± 40 s. También se observó que su efecto fue más pronunciado en personas que consumen poca cafeína habitualmente, esto hace pensar que la tolerancia a la cafeína podría reducir su efectividad ergogénica.

2.3.7. Rendimiento Cognitivo y Neuromuscular

La cafeína mejora el rendimiento físico y cognitivo a través de su acción en el SNC y el sistema musculoesquelético. Su principal mecanismo de acción radica en su capacidad para bloquear los receptores de adenosina, un neurotransmisor que induce sensación de cansancio y reduce la excitabilidad neuronal en el cerebro. Al inhibir su acción, la cafeína aumenta la liberación de otros neurotransmisores, como la dopamina y la noradrenalina, lo que incrementa el estado de alerta, la concentración y la coordinación neuromuscular (Gómez Leyva et al., 2021).

2.3.8. Uso de Sustratos Energéticos

La cafeína actúa como un regulador del metabolismo de lípidos, y su impacto en el sistema nervioso simpático resulta en la secreción de catecolaminas, como la epinefrina y la norepinefrina, que puede activar el receptor β-adrenérgico, estimulando la generación de AMPc y en consecuencia, las vías posteriores implicadas en el metabolismo de los lípidos.

Se ha sugerido que la cafeína puede aumentar la glucosa en sangre y podría perjudicar la captación de glucosa en los músculos esqueléticos, lo que resulta en un desequilibrio en la homeostasis de la glucosa, es decir la cafeína podría cambiar la actividad de la glucógeno sintasa y la glucógeno fosforilasa, responsables de la formación y degradación del glucógeno (Barcelos et al., 2020).

2.3.9. Termorregulación

De acuerdo con (John et al., 2024), la suplementación con cafeína, parece aumentar el tiempo hasta el agotamiento (TTE), algunos sujetos no muestran una mejora o

incluso tienen una disminución en el tiempo hasta la fatiga. En cuanto al consumo de O₂ aumentó un 7,4 % permitiendo una mayor capacidad aeróbica.

Se ha encontrado, (Hunt et al., 2021) efectos positivos de la cafeína en individuos que la consumieron y que eran habituados a la cafeína (HAB), ya que ejerció un efecto termorregulador durante el ejercicio en condiciones de calor. Hubo un incremento significativo en el porcentaje del flujo sanguíneo cutáneo (SkBF), lo que indica que podría favorecer la vasodilatación. Se observó también un aumento en la temperatura de la piel (Tsk), lo que podría tener implicaciones en la regulación térmica durante el ejercicio, especialmente en condiciones de calor o esfuerzo prolongado.

2.3.10. Glucógeno Muscular

El glucógeno es un polisacárido formado por cadenas ramificadas de glucosa, el cual es degradado por el glucógeno fosforilasa. Han demostrado que durante el ejercicio moderado a prolongado la degradación de glucógeno es más del 80 % de la glucólisis muscular durante el ejercicio, si es más intenso el esfuerzo, también aumenta la contribución del glucógeno a la producción de energía (Katz, 2022).

De acuerdo con (Loureiro et al., 2021), consumir café con leche después del ejercicio mejora significativamente la reposición del glucógeno muscular durante la recuperación, en comparación con solo la leche. Esto se concluyó ya que se observó un aumento favorable en la resíntesis de glucógeno muscular post-ejercicio al ofrecer fuentes combinadas de carbohidratos (cafeína-leche), y a su vez, la leche es rica en aminoácidos, y estos optimizan el incremento en la secreción de insulina ayudando a la captación de glucosa en los músculos.

También se puede decir, que durante el ejercicio, el músculo esquelético incrementa la captación de glucosa independientemente de la insulina, esto sucede por la

liberación de Ca^{2+} del retículo sarcoplasmático y el desplazamiento de los

transportadores GLUT-4 hacia la membrana celular, lo que permite la entrada de glucosa en las células musculares, este mecanismo se potencia durante la fase de recuperación inicial post-ejercicio.

El café contiene cafeína, cafestol y ácido cafeico, sustancias que favorecen la recuperación del glucógeno muscular al potenciar la captación de glucosa y optimizar su almacenamiento. También, reduce la percepción del esfuerzo permitiendo tener un ritmo alto durante más tiempo, mejora la alerta mental, moviliza ácidos grasos como energía y potencia la recuperación muscular.

Aunque la cafeína puede inducir cierta resistencia a la insulina, el ejercicio físico moderado contrarresta este efecto, facilitando un almacenamiento óptimo de la glucosa en el tejido muscular, permitiendo que la glucosa se almacene eficientemente en forma de glucógeno. Durante el período de recuperación, la combinación de ejercicio y componentes del café favorece un entorno metabólico para la recuperación energética del músculo tras el ejercicio (Loureiro et al., 2021).

2.3.11. Cardioprotección

Cardioprotección es el conjunto de medidas e intervenciones dirigidas a prevenir, reducir y reparar el daño al músculo cardíaco, especialmente en situaciones de estrés como el infarto de miocardio (IM) o la lesión por isquemia/reperfusión (I/R). Cuando ocurre un infarto, el flujo sanguíneo al corazón se interrumpe, lo que daña los cardiomiocitos (células del músculo cardíaco). Al restaurar el flujo (reperfusión), se puede producir daño adicional debido al estrés oxidativo y la inflamación. La cardioprotección busca minimizar este daño, proteger las células cardíacas y mejorar la recuperación de la función ventricular (Herrera-Zelada et al., 2021).

En un estudio realizado en 14 varones ciclistas, se demostró un efecto cardioprotector en una prueba contrarreloj de 16 km donde la cafeína mejoró el

tiempo total de la

prueba y además se observó que mejoró el rendimiento, ya que los grupos que la consumieron completaron la prueba más rápido. En cuanto al tratamiento con cafeína en la variabilidad de frecuencia cardíaca durante la prueba, el consumo de cafeína favoreció el desplazamiento hacia repeticiones de menor intensidad, mientras que en el grupo placebo mantuvo un mayor porcentaje de repeticiones de alta intensidad a lo largo del ejercicio, dando un posible efecto placebo positivo sobre el rendimiento de fuerza.

2.3.12. Oxigenación Muscular y Reactividad Vascular

De acuerdo con (Leng et al., 2024), tras la suplementación con cafeína, se observó que la dosis mejoró la oxigenación muscular post-ejercicio en el grupo con alto contenido de cafeína (6 mg/kg), también en este grupo se observó una reducción significativa del tiempo que tarda el oxígeno en alcanzar la mitad de su recuperación total, este indicador muestra eficiencia metabólica lo que indica una recuperación más rápida tras el ejercicio, así mismo en cuanto a la reactividad del músculo esquelético en reposo hubo mejoría significativa con el alto consumo de cafeína porque optimizó la preparación del músculo.

2.3.13. Efecto Antiinflamatorio y Respuesta Hormonal

▪ *Mecanismos Moleculares*

La adenosina actúa como un neuromodulador de serotonina, dopamina, acetilcolina, noradrenalina y el glutamato en el SNC. Su estructura molecular es similar a la de la cafeína, y al ingerirla se unen e incrementa la concentración de los neurotransmisores, favoreciendo o no a los individuos en su estado de ánimo, de alerta, concentración y vigilia. Son cuatro receptores de adenosina A 1, A 2A, A 2B y A 3. El receptor de adenosina A 2A, tiene alta sensibilidad a la cafeína y se encuentra principalmente en el cerebro, su principal activación es conductual y por esfuerzo (Guest et al., 2021). (M. R. Rahimi et al., 2023) indicaron que los efectos

antiinflamatorios de la cafeína son

dependientes del genotipo ya que observaron que los atletas con el genotipo TT en el gen ADORA2A que consumieron cafeína presentaron una disminución de la concentración de la enzima AChE antes (5%), inmediatamente después (55%) y 15 minutos después de hacer ejercicio (39%) en comparación con el placebo. No obstante, en los atletas portadores del alelo C que consumieron cafeína, hubo concentraciones menos significativas en la concentración de AChE antes (18%), inmediatamente después (36%) y 15 minutos después (26%) de realizar ejercicio en comparación con el placebo.

De acuerdo a esto los efectos antiinflamatorios de la cafeína son relevantes en los atletas portadores del genotipo TT, debido a que la disminución de la concentración de la enzima AChE, conlleva un aumento de ACh, la cual tiene efectos antiinflamatorios.

- ***Efectos Endocrinos***

Una investigación realizada por (M. Rahimi et al., 2024) en treinta varones con entrenamiento en resistencia, se implementó una dosis de cafeína de 6 mg/kg una hora antes de la actividad física para analizar su impacto en los niveles de la hormona del crecimiento (GH) y en la testosterona (TS). Demostraron en sus resultados que la cafeína parece aumentar de manera notable la secreción de GH en individuos con el genotipo TT, tanto justo después de hacer ejercicio como 15 minutos más tarde. Aquellos que también tienen el genotipo TT muestran un mayor aumento en los niveles de testosterona al tomar cafeína tras el ejercicio.

Esto podría aclarar un aumento en la capacidad de recuperación y adaptación muscular en estas personas. En (Gür et al., 2024) demostraron que la cafeína aumentó los niveles de cortisol, lo que podría estar relacionado con una mayor activación del sistema de respuesta al estrés fisiológico inducido por el ejercicio.

Además, aumentaron los niveles de testosterona y mejoró la potencia anaeróbica en los participantes, mientras que los participantes que consumieron café descafeinado y el placebo mostraron una mayor acumulación de ácido láctico.

▪ **Riesgos o Efectos Adversos**

De acuerdo con la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN), consumir dosis = 9 mg/kg de cafeína se consideran dosis altas y están relacionadas con efectos adversos, además, estas dosis no son requeridas para lograr un efecto ergogénico, pudiendo llegar a tener efectos secundarios como los siguientes (Guest et al., 2021).

- Afectar el rendimiento.
- Dolor de cabeza.
- Alteración de los patrones de concentración y sueño (insomnio).
- Los metabolizadores lentos de cafeína (personas con el genotipo AC o CC) tienen riesgo de infarto de miocardio, hipertensión y prediabetes.
- Ocasionar taquicardia, ansiedad o nerviosismo.
- Afectar interacciones sociales.
- Problemas cognitivos.

En un estudio realizado por (Filip-Stachnik et al., 2021), en 12 atletas entrenados en resistencia, cuya ingesta de cafeína era de moderada a alta (5,3 mg/kg/día), demostraron que los atletas habituados a la ingesta crónica de cafeína tuvieron más efectos secundarios en comparación con el grupo placebo durante el estudio, debido que el ingerir la dosis de 9 mg/kg aumentó la prevalencia de taquicardia/palpitaciones, ansiedad y actividad, dolor de cabeza y molestias

gastrointestinales incluso después de las 24 h de la prueba.

2.3.14. Deportes de Maratón y Ultrarresistencia

Los deportes de maratón y ultrarresistencia son disciplinas físicas de larga duración que se caracterizan principalmente por la distancia recorrida y la duración del esfuerzo

físico (Wierick et al., 2025).

1. Maratón

Es una carrera de fondo a pie de resistencia, con una distancia oficial exacta de 42,195 km (26,2 millas). Es una disciplina olímpica y fisiológicamente, se considera un evento de alta intensidad relativa donde el metabolismo glucolítico es predominante y el rendimiento depende críticamente del umbral de lactato y la economía de carrera.

- **Clasificación:** Deporte de resistencia de "fondo" (long-distance), usualmente con duraciones de entre 2 y 5 horas para la mayoría de los competidores (Ogueta-Alday & García-López, 2016) .

2. Deportes de Ultrarresistencia

Son disciplinas físicas que implican esfuerzos de larga duración, superando con creces los límites de las pruebas convencionales con alta demanda energética y mental. También es considerado un deporte de ultrarresistencia cualquier evento deportivo que exceda las 6 horas de duración o que, en el caso del running, supere la distancia estándar del maratón (>42,195 km), que a diferencia de este deporte el factor limitante no es solo el glucógeno, sino la gestión de la fatiga neuromuscular, el equilibrio hidroelectrolítico y la tolerancia gastrointestinal ante déficits calóricos prolongados.

Clasificación:

- **Por distancia:** 50 km, 100 km, 100 millas (161 km).
- **Por tiempo:** Eventos de 6, 12, 24, 48 horas o de varios días (multiday).
- **Multimodales:** Estos deportes son una forma de actividad física que combina diversas disciplinas deportivas o modalidades de ejercicio dentro de un mismo programa de entrenamiento. Ejemplo de algunos de estos deportes son: Ironman (triatlón de larga distancia), ultra-ciclismo, y natación en aguas

abiertas de ultra-distancia (Knechtle & Nikolaidis, 2018; Tiller et al., 2019).

Tabla 3. Resumen de diferencias técnicas de maratón y ultrarresistencia

Característica	Maratón	Ultrarresistencia
Distancia	<i>Fija (42,195 km)</i>	<i>Variable (>42,195 km)</i>
Tiempo de corte	<i>Generalmente <6 h</i>	<i>>6 h (hasta días)</i>
Intensidad	<i>Alta (>80% VO₂max)</i>	<i>Moderada/Baja (gestión de energía)</i>
Limitante principal	<i>Depleción de glucógeno</i>	<i>Fatiga central, daño muscular, hidratación</i>

(Berger et al., 2024; PubliCE, 2024; Waśkiewicz et al., 2022; Wierick et al., 2025)

En conclusión, el éxito en las disciplinas de ultrarresistencia no depende exclusivamente de la capacidad cardiovascular del atleta, o no radica en una sola habilidad, sino de una gestión metabólica y logística de una preparación física, gestión mental y de estrategia nutricional muy rigurosa. También podemos decir, que al implementar protocolos nutricionales basados en la ingesta estratégica de carbohidratos de transporte múltiple y la reposición de sodio son fundamentales, no solo para sostener el rendimiento ergogénico, sino para mitigar riesgos clínicos críticos como la hiponatremia dilucional y el daño gastrointestinal. Asimismo, la suplementación con evidencia científica actúa como un factor protector ante la fatiga central y el catabolismo muscular extremo porque la integración de estas estrategias dentro del marco teórico, permite comprender al atleta de ultra-distancia el sistema biológico que requiere un equilibrio preciso entre el gasto energético extremo y la capacidad de asimilación de nutrientes para garantizar la integridad fisiológica durante el esfuerzo prolongado (Tiller et al., 2019).

2.3.15. Cálculo Estimado de Necesidades Calóricas

El gasto energético es masivo, estimándose entre 13,000 y 17,750 kcal para eventos que superan las 24 horas y estas demandas pueden alcanzar picos muy altos situando al cuerpo cerca de su límite.

Las recomendaciones de ingesta por hora de esfuerzo son:

Tabla 4. Resumen de cálculo calórico según tipo de prueba

Tipo de Prueba	Rango Calórico Recomendado
Carreras de 50 millas (80 km)	150 – 300 kcal / hora
Carreras de 100 millas (161 km)	200 – 400 kcal / hora
Atletas de Élite	Promedio de 333 kcal / hora

(Ultramarathon Nutrition Guide, 2025)

2.3.16. Protocolo de Suplementación Estratégica

1. Pre-Evento (3-1 horas antes)

Carbohidratos: Ingesta de 1-4 g/kg para maximizar las reservas de glucógeno.

Cafeína: Dosis inicial moderada de 3-6 mg/kg unos 60 minutos antes (opcional si la prueba es muy larga, para evitar picos tempranos).

Nitratos: 6-8 mmol (ej. 500 ml de jugo de remolacha) 2-3 horas antes para mejorar la eficiencia del oxígeno.

Sodio: Sachet de 500 mg con 5-10 ml/kg de agua para asegurar un estado de hidratación óptimo.

2. Durante el Evento (Por hora)

Carbohidratos: 60-90 g/h (pudiendo llegar a 120 g/h en tramos intensos), utilizando mezclas de glucosa: fructosa (ratio 1:0.8 o 2:1) para maximizar la absorción.

Proteína: 5-10 g/h de fuentes ricas en leucina para reducir el catabolismo muscular en pruebas de >12h.

Cafeína (Micro-dosificación): 1-2 mg/kg cada 2-3 horas. Es vital reservar "dosis de

rescate" (2-3 mg/kg) para la madrugada (2:00 AM - 4:00 AM) cuando el estado de alerta es mínimo.

Sodio/Electrolitos: 500 – 1000 mg de sodio/hora, ajustado según la tasa de sudoración y el clima.

3. Post-Evento (Recuperación inmediata)

Carbohidratos: 0.8 – 1.0 g/kg inmediatamente para iniciar la resíntesis de glucógeno.

Proteína: 0.2 – 0.4 g/kg para reparación de tejido muscular dañado.

Líquidos: Reposición del 150% del peso perdido junto con sodio para retener el fluido.

Polifenoles: Alimentos o suplementos ricos en antioxidantes (como extracto de arándanos o cereza ácida) para modular la inflamación post-esfuerzo (Spriet, 2020;

Ultramarathon Nutrition Guide, 2025).

CAPÍTULO III: Diseño Metodológico

El presente trabajo corresponde a una revisión narrativa de literatura científica, de carácter documental, orientada al análisis de la evidencia disponible sobre los efectos de la suplementación con cafeína en el rendimiento físico, fisiológico y perceptivo de corredores de maratón y ultrarresistencia. Para su desarrollo, se realizó una búsqueda bibliográfica en fuentes académicas especializadas como PubMed, Scopus, Web of Science, Elicit y Sparring, priorizando publicaciones entre 2015 y 2026 relacionadas con cafeína, rendimiento deportivo, carrera de resistencia y ultrarresistencia.

La recolección de la información se llevó a cabo mediante la técnica de análisis documental, a partir de artículos científicos originales, ensayos clínicos, revisiones sistemáticas, metaanálisis y artículos de revisión en el campo de la nutrición deportiva. Se incluyeron estudios publicados en inglés y español, realizados en seres humanos, tanto de sexo masculino como femenino, que abordaran el efecto de la cafeína administrada de forma aislada sobre variables relacionadas con el rendimiento, la fatiga, la percepción del esfuerzo, la recuperación o los efectos adversos en corredores adultos sanos, recreativos o de élite. Se excluyeron estudios en animales, investigaciones con suplementos multiingrediente en los que no fuera posible aislar el efecto de la cafeína y literatura gris.

La estrategia de búsqueda se elaboró mediante el uso de operadores booleanos y términos clave como “caffeine”, “running”, “ultra-endurance”, “marathon”, “performance”, “timing”, “dosage”, “supplementation” y “perceived exertion”. Asimismo, se tomó como referencia el esquema PICOS para definir los criterios de elegibilidad de los estudios, considerando la población, la intervención, la comparación, los desenlaces y el tipo de diseño más pertinente para responder a la pregunta de investigación.

En la selección de documentos se priorizaron los estudios con mayor solidez metodológica, especialmente ensayos controlados aleatorizados, estudios cruzados, revisiones sistemáticas y metaanálisis, debido a su mayor capacidad para aportar evidencia aplicable al contexto deportivo. Posteriormente, la información fue organizada en categorías temáticas de acuerdo con los objetivos del trabajo, incluyendo mecanismos fisiológicos, protocolos de dosificación, factores moduladores de la respuesta y riesgos asociados al consumo de cafeína.

Finalmente, el análisis de los datos se realizó mediante una discusión crítica e integradora de la literatura, comparando hallazgos, identificando coincidencias, discrepancias y vacíos de conocimiento, con el propósito de obtener una síntesis actualizada y útil para la práctica de la nutrición deportiva en corredores de maratón y ultrarresistencia.

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo-documental, debido a que no se realizó recolección directa de datos en corredores con una intervención experimental, ni medición primaria de variables fisiológicas o deportivas. En su lugar, el estudio se orientó al análisis, organización e interpretación crítica de información científica previamente publicada sobre el consumo de cafeína y su impacto en el rendimiento deportivo de corredores de maratón y ultraresistencia.

Por su tipo, corresponde a una investigación documental y bibliográfica sustentada en la revisión narrativa de artículos científicos originales, ensayos clínicos, estudios cruzados, revisiones sistemáticas, metaanálisis y documentos académicos relacionados con la suplementación con cafeína en deportes de resistencia. Este tipo de investigación permitió recopilar evidencia científica sobre los mecanismos fisiológicos y neuromusculares de la cafeína, sus protocolos de dosificación, las

formas de administración, los factores individuales que modifican la respuesta ergogénica y los posibles efectos adversos asociados a su consumo.

En cuanto al diseño, la investigación se clasificó como no experimental, puesto que las variables de estudio no fueron manipuladas por los investigadores, ya que la suplementación con cafeína y el rendimiento deportivo fueron analizados a partir de los hallazgos reportados en la literatura científica sin asignación de participantes a grupos, sin administración directa de cafeína y sin control experimental de condiciones de carrera, entrenamiento o recuperación. Por tanto, el estudio se limitó a examinar la evidencia disponible y a sintetizar sus principales resultados en función de los objetivos planteados.

Asimismo, el diseño fue transversal o transeccional de tipo documental, ya que la búsqueda, selección y análisis de la evidencia se realizó en un periodo delimitado de publicaciones científicas, principalmente entre los años 2015 y 2026. Esta delimitación temporal permitió integrar información reciente y pertinente sobre cafeína, rendimiento deportivo, maratón, ultraresistencia, fatiga, percepción del esfuerzo, recuperación y seguridad en corredores adultos sanos, recreativos o entrenados.

Según su alcance, el estudio fue descriptivo-analítico: Descriptivo porque caracterizó los principales hallazgos de la literatura respecto a los efectos de la cafeína sobre el rendimiento físico, fisiológico, perceptivo y cognitivo en corredores de resistencia prolongada y analítico ya que se organizó la información por categorías, temáticas y permitió contrastar coincidencias, diferencias y vacíos de conocimiento entre los estudios revisados, especialmente en relación con la dosis, el momento de ingesta, la variabilidad individual y los riesgos asociados al uso de cafeína en pruebas de larga duración.

En consecuencia, el diseño metodológico adoptado fue pertinente para responder a

los objetivos de la investigación, ya que permitió integrar evidencia científica actualizada sobre el consumo de cafeína en corredores de maratón y ultraresistencia, sin asumir causalidad experimental propia, sino mediante una revisión narrativa documental orientado a la comprensión crítica del fenómeno estudiado.

3.2. La población y la muestra

La población tomada en cuenta fueron corredores de maratón y Ultrarresistencia. En cuanto a la muestra documental seleccionada para el análisis profundo quedó constituida por un total de 52 artículos científicos que evaluaron específicamente el impacto de la cafeína en el rendimiento de corredores de maratón y ultrarresistencia, utilizando protocolos de diseño cruzado y doble ciego. Adicionalmente, la muestra se complementó con la integración de 5 metaanálisis y revisiones sistemáticas de referencia que permitieron cuantificar el efecto ergogénico global y analizar la variabilidad genética y metabólica.

Los criterios de selección que se priorizaron fueron a través de estudios que involucraron corredores adultos sanos, tanto recreativos como entrenados y que emplearan diversas formas de administración de cafeína (cápsulas, geles o chicles) para mitigar la fatiga central y periférica.

CAPÍTULO IV: Análisis e Interpretación de Resultados

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

El presente apartado expone el análisis e interpretación de los resultados obtenidos a partir de la revisión narrativa documental sobre el consumo de cafeína y su impacto en el rendimiento deportivo de corredores de maratón y ultraresistencia. Debido a que la investigación no se desarrolló mediante intervención directa en deportistas, sino mediante el análisis de literatura científica publicada, los resultados corresponden a la síntesis técnica de los hallazgos reportados en artículos originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis, ensayos clínicos y documentos de consenso relacionados con la suplementación con cafeína en deportes de resistencia prolongada.

El análisis fue organizado de acuerdo con las variables declaradas en la investigación. La variable independiente fue la suplementación con cafeína, analizada mediante las dimensiones de dosificación, timing de ingesta, forma de administración y patrón de consumo. La variable dependiente fue el rendimiento deportivo en corredores de maratón y ultraresistencia, analizada a partir de las dimensiones de desempeño físico, fatiga y esfuerzo percibido, respuesta cognitiva, recuperación y efectos adversos asociados, por lo tanto, esta estructura permitió mantener coherencia entre el planteamiento del problema, los objetivos específicos, la operacionalización de variables y la presentación de resultados.

Para evitar una exposición dispersa de la información, los resultados se organizaron mediante instrumentos de análisis documental. Estos instrumentos no correspondieron a cuestionarios aplicados a atletas ni a pruebas fisiológicas realizadas por los autores, sino a herramientas de sistematización bibliográfica utilizadas para extraer, clasificar y analizar la información científica disponible. De acuerdo con Hernández Sampieri, el análisis de datos exige ordenar la información

por variables, explorar los datos disponibles, describirlos, visualizarlos y preparar los

resultados para su presentación, considerando la validez, confiabilidad y objetividad de los instrumentos empleados. En este estudio, dicha lógica fue adaptada al carácter documental de la investigación, priorizando la consistencia de la búsqueda, la pertinencia de los estudios seleccionados y la correspondencia entre hallazgos, dimensiones e indicadores.

A continuación, se presenta la **Tabla 5**, que describe los instrumentos utilizados para organizar el análisis documental. Esta tabla se incluye porque permite comprender cómo se procesó la información antes de interpretar los resultados por dimensión e indicador.

Tabla 5. Características de los instrumentos utilizados para el análisis documental

Instrumento	Finalidad dentro de la investigación	Características principales	Criterio de validez y confiabilidad
Ficha de búsqueda bibliográfica	Registrar las bases de datos, palabras clave, operadores booleanos y filtros utilizados para localizar evidencia científica.	Incluyó términos como caffeine, running, ultra-endurance, marathon, performance, timing, dosage, supplementation y perceived exertion.	Permitió reproducir la estrategia de búsqueda y verificar la pertinencia temática de los documentos seleccionados.
Matriz de	Organizar los	Se estructuró según	Favoreció la selección

selección documental	estudios incluidos según autor, año, diseño, población, intervención, comparación y desenlaces.	criterios PICOS: población, intervención, comparación, outcomes o resultados y tipo de estudio.	de estudios con mayor solidez metodológica, como ensayos clínicos, estudios cruzados, revisiones sistemáticas y metaanálisis.
Ficha de extracción de resultados	Identificar los hallazgos principales de cada documento revisado.	Registró dosis de cafeína, forma de administración, momento de ingesta, desenlaces de rendimiento, efectos sobre fatiga y eventos adversos.	Permitió comparar los resultados según dimensiones previamente definidas en la operacionalización de variables.
Cuadro de análisis por dimensiones e indicadores	Relacionar cada hallazgo con las dimensiones de la variable independiente y dependiente.	Organizó los resultados en dosificación, timing, forma de administración, desempeño físico, esfuerzo percibido, respuesta cognitiva, recuperación y	Aseguró coherencia entre objetivos específicos, variables, indicadores y resultados del estudio.

		efectos adversos.	
Ficha de síntesis interpretativa	Integrar los hallazgos principales sin convertir el análisis en discusión comparativa.	Permitió redactar interpretaciones técnicas sobre la tendencia de los resultados encontrados.	Evitó emitir conclusiones prematuras o comparaciones críticas que corresponden al capítulo de discusión.

La **Tabla 5** muestra que el análisis de resultados se apoyó en instrumentos documentales orientados a ordenar la información científica de manera sistemática. La ficha de búsqueda bibliográfica permitió identificar los documentos relevantes; la matriz de selección facilitó clasificar los estudios según su diseño y pertinencia; la ficha de extracción permitió recuperar los resultados principales; y el cuadro de análisis por dimensiones permitió vincular cada hallazgo con las variables de investigación. Estos instrumentos fueron necesarios porque el estudio no generó datos primarios, sino que trabajó con evidencia secundaria previamente publicada.

Desde el punto de vista metodológico, el instrumento central fue la matriz de análisis documental, ya que permitió organizar los resultados de acuerdo con los indicadores establecidos en la operacionalización de variables. Esta matriz fue útil para evitar una revisión meramente descriptiva de autores y permitió construir un análisis temático por dimensiones. En consecuencia, el resultado no se limitó a enumerar estudios, sino que permitió identificar patrones relacionados con el uso de cafeína, su dosificación, su momento de administración, su efecto sobre el desempeño y sus posibles limitaciones fisiológicas o clínicas.

Para iniciar el análisis de los resultados propiamente dichos, se presenta la **Tabla 6**,

que resume la relación entre las dimensiones de las variables y los principales hallazgos identificados en la literatura. Esta tabla es necesaria porque permite ubicar de forma ordenada qué aspecto de la cafeína se relaciona con cada componente del

rendimiento deportivo.

Tabla 6. Análisis de resultados según dimensiones e indicadores de las variables de estudio

Variable	Dimensión	Indicadores	Resultado técnico identificado
Suplementación con cafeína	Dosificación	mg/kg de peso corporal, dosis absoluta en mg	Las dosis más reportadas se ubican entre 3 y 6 mg/kg, aunque algunos estudios en carrera de resistencia incluyen rangos de 3 a 9 mg/kg. Las dosis moderadas muestran mejor equilibrio entre efecto ergogénico y tolerancia.

Suplementación con cafeína	Timing de ingesta	Ingesta pre ejercicio, ingesta durante la competencia, microdosificación	La ingesta 45 a 60 minutos antes del ejercicio es la estrategia más frecuente; en
----------------------------	-------------------	--	---

			ultraresistencia se identifican estrategias fraccionadas o de microdosificación durante la prueba.
Suplementación con cafeína	Forma de administración	Cápsulas, geles, bebidas, chicles, café	Las cápsulas permiten mayor precisión de dosis; los geles, bebidas y chicles tienen mayor utilidad práctica durante la competencia, aunque con más variabilidad en absorción y tolerancia gastrointestinal.

Suplementación con cafeína	Patrón de consumo	Consumo habitual, consumo agudo	El consumo habitual puede modificar la respuesta individual, pero no elimina necesariamente el efecto ergogénico. La respuesta depende de tolerancia, dosis, sensibilidad y contexto competitivo.
-------------------------------	----------------------	------------------------------------	---

Rendimiento deportivo	Desempeño físico	Tiempo de carrera, tiempo hasta el agotamiento, velocidad, potencia	La evidencia muestra mejoras más consistentes en el tiempo hasta el agotamiento que en el tiempo final de prueba contrarreloj, por lo que el efecto parece más evidente sobre la tolerancia al esfuerzo sostenido.
--------------------------	---------------------	--	--

Rendimiento deportivo	Fatiga y esfuerzo percibido	Percepción subjetiva del esfuerzo, fatiga central, tolerancia al esfuerzo	La cafeína se asocia con reducción de la percepción subjetiva del esfuerzo y mayor tolerancia a la fatiga durante ejercicios prolongados.
Rendimiento deportivo	Respuesta cognitiva	Estado de alerta, concentración	La cafeína favorece el estado de alerta y la vigilancia, lo cual es relevante en eventos prolongados, nocturnos o con privación parcial de sueño.

Rendimiento deportivo	Recuperación	Calidad del sueño, reposición de glucógeno	Algunos estudios sugieren beneficios sobre recuperación de glucógeno cuando se combina con carbohidratos, pero el consumo tardío puede afectar negativamente la calidad del sueño.
Rendimiento deportivo	Efectos adversos asociados	Moléstias gastrointestinales, nerviosismo, taquicardia, insomnio	Los efectos adversos aparecen con mayor probabilidad ante dosis elevadas, acumulación durante eventos prolongados, sensibilidad individual o administración cercana al horario de sueño.

La Tabla 6 permite interpretar que el efecto de la cafeína en corredores de maratón y ultraresistencia no se expresa en una sola dimensión, ya que su impacto se distribuye en componentes fisiológicos, perceptivos, cognitivos, metabólicos y de seguridad. El resultado más constante de la revisión es que la cafeína puede

favorecer el rendimiento de resistencia, pero su utilidad depende de la dosis, del momento de ingesta, de la forma de administración y de las características individuales del corredor.

Con la dosificación, los estudios revisados muestran que el rango de 3 a 6 mg/kg de peso corporal es el más utilizado en la literatura deportiva. Este rango coincide con el posicionamiento de la International Society of Sports Nutrition, que reconoce beneficios agudos de la cafeína sobre diferentes componentes del rendimiento, con efectos más consistentes en ejercicio aeróbico de resistencia, aunque con variabilidad interindividual. La evidencia específica en carrera de resistencia también reporta beneficios con dosis de 3 a 9 mg/kg, especialmente en el tiempo hasta el agotamiento.

Desde la interpretación técnica, este hallazgo indica que la dosis debe analizarse como un indicador central de la suplementación con cafeína. Las dosis bajas pueden ser insuficientes para generar un efecto ergogénico claro en algunos atletas, mientras que las dosis altas pueden aumentar el riesgo de efectos adversos sin garantizar una mejora proporcional del rendimiento. Por ello, la dosificación debe entenderse como una variable dependiente del peso corporal, la tolerancia individual, el consumo habitual y la duración esperada de la competencia.

En cuanto al timing de ingesta, la mayoría de los protocolos experimentales utilizan la administración preejercicio, aproximadamente 45 a 60 minutos antes de la prueba, debido a la necesidad de alcanzar concentraciones plasmáticas efectivas durante el ejercicio. Sin embargo, en maratón y especialmente en ultraresistencia, esta estrategia puede ser limitada, porque la duración de la competencia supera el periodo esperado de acción de una dosis única. Por esta razón, la literatura revisada también describe estrategias de reingesta o microdosificación durante la competencia, orientadas a mantener el efecto estimulante y perceptivo durante varias horas.

La interpretación de este resultado permite señalar que el uso de cafeína en ultrarresistencia requiere una planificación distinta a la utilizada en pruebas de

menor duración. En eventos prolongados, el objetivo no es solo alcanzar un pico inicial de

efecto, sino sostener el beneficio sin producir acumulación excesiva, malestar gastrointestinal, nerviosismo o deterioro posterior del sueño. Por tanto, el timing debe analizarse junto con la dosis total acumulada y no únicamente como una toma aislada antes del ejercicio.

La forma de administración, los resultados muestran que las cápsulas ofrecen mayor precisión en el control de la dosis, lo que facilita calcular el consumo según mg/kg de peso corporal. No obstante, en escenarios reales de competencia, los corredores suelen recurrir también a café, geles, bebidas deportivas, gomitas o chicles con cafeína, porque son opciones más prácticas durante la carrera. La evidencia de estrategias reales en atletas de resistencia muestra que muchos deportistas utilizan más de una dosis por sesión y suelen basar la cantidad en la porción habitual del suplemento elegido, más que en un cálculo individualizado por peso corporal.

Este resultado permite interpretar que existe una diferencia entre el protocolo ideal de investigación y el uso práctico de la cafeína en campo. En estudios controlados, la dosis puede administrarse con precisión; en competencia, en cambio, el corredor combina productos con diferentes concentraciones de cafeína, lo que aumenta el riesgo de subdosificación o sobredosificación. En maratón y ultraresistencia, esta diferencia es especialmente importante porque el atleta puede consumir cafeína durante varias horas mediante productos distintos, sin conocer con exactitud la cantidad acumulada.

En el indicador de patrón de consumo, se identificó que el consumo habitual de cafeína puede influir en la respuesta individual, aunque no necesariamente anula el efecto ergogénico. Algunos corredores consumidores habituales pueden necesitar estrategias distintas para obtener una respuesta perceptible, mientras que atletas con baja exposición previa pueden presentar mayor sensibilidad a dosis moderadas.

variabilidad obliga a interpretar el patrón de consumo como un elemento de ajuste individual y no como una categoría absoluta de respuesta positiva o negativa.

El desempeño físico, la evidencia específica en carrera de resistencia muestra que la cafeína tiene un efecto más claro sobre el tiempo hasta el agotamiento que sobre el tiempo final de pruebas contrarreloj. Wang et al. reportaron que la cafeína, en dosis de 3 a 9 mg/kg, aumentó el tiempo hasta el agotamiento en pruebas de carrera y produjo una reducción pequeña pero significativa del tiempo en protocolos contrarreloj. Este resultado indica que el principal beneficio podría ubicarse en la tolerancia al esfuerzo sostenido y no necesariamente en una mejora amplia del rendimiento competitivo final.

La interpretación de este hallazgo es relevante para maratón y ultraresistencia, porque en estos eventos el rendimiento no depende únicamente de correr más rápido en un segmento corto, sino de sostener el esfuerzo durante periodos prolongados. El tiempo hasta el agotamiento representa un indicador útil de resistencia funcional, tolerancia fisiológica y capacidad de mantener la intensidad frente a la fatiga. Por ello, aunque la reducción del tiempo total pueda ser pequeña, el beneficio de la cafeína puede tener importancia práctica en corredores entrenados, donde diferencias mínimas pueden modificar el resultado competitivo.

En la dimensión de fatiga y esfuerzo percibido, los resultados muestran que la cafeína puede disminuir la percepción subjetiva del esfuerzo. Este indicador es fundamental en carreras prolongadas, porque la percepción interna del esfuerzo condiciona el ritmo, la toma de decisiones y la tolerancia al dolor muscular. La reducción del esfuerzo percibido no implica que la carga fisiológica desaparezca, sino que el atleta percibe menor dificultad relativa para sostener una intensidad determinada.

Desde la interpretación técnica, este efecto puede explicar por qué la cafeína es útil

en deportes de resistencia. En maratón y ultraresistencia, el deterioro del rendimiento ocurre por la interacción entre fatiga periférica, fatiga central, depleción energética, malestar gastrointestinal, alteración del sueño, dolor muscular y carga psicológica. Si la cafeína reduce la percepción de esfuerzo o incrementa el estado de alerta, puede permitir que el corredor mantenga el ritmo durante más tiempo. Sin embargo, este efecto también debe interpretarse con cautela, porque una menor percepción de esfuerzo podría inducir a errores de pacing si el atleta aumenta prematuramente la intensidad y compromete el rendimiento final.

En cuanto a la respuesta cognitiva, los resultados revisados indican que la cafeína favorece el estado de alerta, la vigilancia y la concentración. Este hallazgo es especialmente relevante para la ultraresistencia, donde el corredor puede competir durante la noche, atravesar terrenos técnicos, experimentar somnolencia o tomar decisiones bajo fatiga acumulada. En estos escenarios, el rendimiento no depende únicamente de variables musculares o metabólicas, sino también de la capacidad para mantener atención sostenida y responder adecuadamente a estímulos del entorno.

Este componente adquiere mayor importancia en pruebas de larga duración o en situaciones de sueño restringido. La evidencia reciente sobre carrera de 10 km posterior a restricción parcial de sueño sugiere que una dosis aguda de cafeína puede compensar parcialmente el deterioro del rendimiento asociado a la falta de descanso, lo que permite relacionar su utilidad con escenarios donde la fatiga cognitiva afecta el desempeño. Aunque este tipo de prueba no equivale directamente a una ultramaratón, aporta información aplicable a contextos donde el sueño, la vigilancia y el rendimiento se interrelacionan.

La recuperación, los resultados muestran un comportamiento dual, por un lado,

existen estudios que sugieren que el consumo de café o cafeína junto con carbohidratos, pues pueden favorecer la recuperación del glucógeno muscular después del ejercicio exhaustivo en atletas de resistencia. Loureiro et al. evaluaron el efecto del café sobre la resíntesis de glucógeno muscular y la respuesta glucémica e insulinémica posterior al ejercicio, aportando evidencia sobre un posible efecto positivo en recuperación metabólica cuando se combina con una estrategia nutricional adecuada.

Por otro lado, el consumo tardío de cafeína puede afectar negativamente el sueño, que es un componente esencial de la recuperación. La revisión sistemática con metaanálisis de Kocak et al. reportó que la cafeína ingerida antes de entrenamientos o competencias en la tarde o noche puede reducir la eficiencia del sueño, aunque el efecto sobre la duración total del sueño requiere interpretación cautelosa. Este hallazgo es importante porque el beneficio agudo de la cafeína durante el ejercicio puede entrar en conflicto con la recuperación posterior si se administra en horarios cercanos al descanso.

La interpretación de esta dimensión permite establecer que la cafeína puede ser beneficiosa para el rendimiento y, en ciertos contextos, para la recuperación glucogénica; sin embargo, también puede comprometer la recuperación neurofisiológica si altera el sueño. En corredores de ultraresistencia, este aspecto es particularmente importante, porque muchas competencias se extienden durante la tarde, noche o madrugada. Por ello, la utilidad de la cafeína debe evaluarse en función del objetivo inmediato: sostener el rendimiento durante la prueba, mantener la alerta o facilitar la recuperación posterior.

En la dimensión de efectos adversos, los resultados muestran que el consumo de cafeína puede asociarse con molestias gastrointestinales, nerviosismo, insomnio,

temblores, palpitaciones, taquicardia y aumento de la frecuencia urinaria, especialmente cuando se emplean dosis altas o repetidas. Krause y Mahan describen que el consumo excesivo de cafeína puede producir dolor de cabeza, insomnio, irritación gastrointestinal, reflujo, temblores, palpitaciones y aumento de la micción, efectos que pueden limitar el rendimiento en deportistas.

Este resultado tiene importancia directa en maratón y ultraresistencia, porque los síntomas gastrointestinales son una causa frecuente de disminución del rendimiento y abandono en carreras prolongadas. La cafeína puede ser útil como ayuda ergogénica, pero su administración en geles, bebidas o productos concentrados puede incrementar el malestar digestivo si no se ha probado previamente en entrenamiento. En este sentido, la tolerancia gastrointestinal debe considerarse un indicador práctico de seguridad y no un aspecto secundario.

Además, la evidencia reciente sugiere que la cafeína puede exacerbar el daño celular intestinal inducido por el ejercicio, con posible influencia del genotipo ADORA2A. Davison et al. reportaron que el daño intestinal relacionado con ejercicio y cafeína estuvo influenciado por ADORA2A, pero no por CYP1A2. Este hallazgo refuerza la necesidad de interpretar la cafeína desde una perspectiva individualizada, especialmente en atletas con síntomas digestivos, sensibilidad elevada o antecedentes de intolerancia durante competencias prolongadas.

Para integrar los resultados de forma sintética, se presenta la **Tabla 7**, donde se resume el grado de utilidad práctica de la cafeína según cada dimensión analizada. Esta tabla se incluye porque permite diferenciar los componentes donde la evidencia muestra mayor beneficio de aquellos donde se requiere mayor precaución.

Tabla 7. Interpretación técnica del beneficio y riesgo de la cafeína según dimensión analizada

Dimensión	Interpretación del beneficio	Nivel de precaución
Dosificación	Mayor utilidad con dosis moderadas de 3 a 6 mg/kg. Dosis mayores no siempre incrementan el beneficio.	Precaución con dosis elevadas o acumuladas durante ultradistancia.
Timing de ingesta	La ingesta preejercicio es útil para eventos de duración moderada; en ultrarresistencia puede requerirse reingesta planificada.	Precaución con ingestas tardías por posible afectación del sueño.
Forma de administración	Cápsulas permiten precisión; geles, bebidas y chicles facilitan uso en carrera.	Precaución con productos combinados por riesgo de dosis acumulada no controlada.
Desempeño físico	Beneficio más claro en tiempo hasta el agotamiento y tolerancia al esfuerzo.	La mejora en tiempo final de carrera puede ser pequeña y dependiente del contexto.
Fatiga y esfuerzo percibido	Reduce percepción subjetiva del esfuerzo y puede sostener el ritmo en fases de fatiga.	Puede inducir sobre estimación de capacidad si el pacing no es controlado.

Respuesta cognitiva	Mejora alerta, vigilancia y concentración en esfuerzos	Precaución en atletas sensibles a ansiedad o
------------------------	---	---

	prolongados.	nerviosismo.
Recuperación	Puede apoyar recuperación glucogénica si se combina con carbohidratos.	Puede deteriorar sueño si se usa tarde o en dosis elevadas.
Efectos adversos	Su utilidad depende de tolerancia individual.	Riesgo gastrointestinal, cardiovascular leve, insomnio, nerviosismo y variabilidad genética.

La Tabla 7 permite interpretar que la cafeína presenta un perfil ergogénico favorable, pero no universal. El mayor beneficio se concentra en la tolerancia al esfuerzo, la disminución de la fatiga percibida y el mantenimiento del estado de alerta y por otro lado, los principales puntos de precaución se relacionan con el sueño, el sistema gastrointestinal, la dosis acumulada y la variabilidad individual. Por tanto, el uso de cafeína en corredores de maratón y ultraresistencia debe considerarse una estrategia potencialmente útil, pero dependiente de planificación y prueba previa.

Al analizar conjuntamente las dimensiones de la variable independiente, se observa que la cafeína no puede ser evaluada únicamente como “consumo” o “no consumo”. Su efecto depende de cuánto se consume, cuándo se consume, cómo se administra y qué patrón de uso tiene el atleta. Esta interpretación es importante porque un corredor que consume cafeína de forma habitual en café diario no presenta necesariamente la misma respuesta que un corredor que usa cafeína de forma aguda y planificada durante una competencia. De igual manera, una dosis en cápsula antes de correr no tiene la misma dinámica que la ingesta repetida de geles con cafeína durante varias horas.

Al analizar la variable dependiente, se identifica que el rendimiento deportivo tampoco

debe reducirse únicamente al tiempo final de carrera. En maratón y ultraresistencia, el rendimiento incluye capacidad de sostener el ritmo, tolerancia al esfuerzo, control de fatiga, conservación de la atención, estado de alerta, recuperación y ausencia de síntomas limitantes. Desde esta perspectiva, la cafeína puede mejorar algunos componentes del rendimiento, aunque no siempre produzca cambios amplios en el tiempo final de competencia.

Los resultados también muestran que los desenlaces más sensibles al efecto de la cafeína son aquellos relacionados con el esfuerzo sostenido. La mejora del tiempo hasta el agotamiento indica que el corredor puede prolongar su capacidad funcional antes de alcanzar fatiga limitante. En ultrarresistencia, este aspecto tiene valor particular, porque el objetivo no siempre es mantener una intensidad alta, sino evitar caídas bruscas de rendimiento, conservar la capacidad de avanzar y sostener decisiones adecuadas durante la fatiga.

En relación con el esfuerzo percibido, la cafeína parece actuar como modulador de la percepción interna del ejercicio, esto no significa que elimine la fatiga fisiológica, sino que puede modificar la forma en que el atleta la experimenta. En pruebas prolongadas, donde la percepción de agotamiento condiciona la conducta de carrera, este efecto puede tener un impacto práctico importante. Sin embargo, también exige educación nutricional y control de ritmo, porque una reducción artificial de la percepción de esfuerzo puede llevar a intensidades no sostenibles si el corredor no regula adecuadamente su estrategia.

Los resultados cognitivos también son relevantes, ya que la cafeína puede favorecer la alerta y la concentración, lo cual adquiere importancia en ultramaratones, carreras de montaña y eventos con tramos nocturnos. En estas condiciones, la fatiga mental puede afectar la coordinación, la toma de decisiones, la percepción del terreno y la

seguridad del corredor. Por ello, la cafeína no debe interpretarse solo como una ayuda para correr más rápido, sino también como una estrategia que puede sostener funciones cognitivas necesarias para el desempeño en escenarios prolongados.

No obstante, la interpretación de los efectos cognitivos debe equilibrarse con los hallazgos sobre sueño. La cafeína puede mejorar el estado de alerta durante el evento, pero si se consume en horarios tardíos o en dosis elevadas puede interferir con la recuperación posterior. En competencias de varios días o en entrenamientos sucesivos, este efecto puede ser contraproducente. Por tanto, el análisis de resultados muestra que la cafeína tiene una relación beneficio-riesgo que cambia según el horario, la duración de la prueba y la necesidad de recuperación.

Desde el punto de vista de seguridad, los efectos gastrointestinales constituyen uno de los indicadores más importantes, pues en corredores de maratón y ultraresistencia, el tracto gastrointestinal ya se encuentra sometido a estrés por redistribución del flujo sanguíneo, impacto mecánico, ingesta de carbohidratos durante carrera, deshidratación relativa y duración prolongada del ejercicio. En este contexto, la cafeína puede aumentar el riesgo de malestar si se administra sin entrenamiento nutricional previo o si se combina con productos concentrados. Por ello, los resultados respaldan la necesidad de probar la estrategia durante entrenamientos y no por primera vez en competencia.

La variabilidad genética y metabólica añade otro nivel de interpretación. Los genes CYP1A2 y ADORA2A han sido relacionados con diferencias en metabolismo, sensibilidad y respuesta a la cafeína. Aunque no todos los estudios coinciden en la magnitud de su efecto, los hallazgos recientes sobre ADORA2A y daño intestinal sugieren que la respuesta individual puede depender de factores biológicos que no siempre son evidentes para el atleta o el entrenador. Por esta razón, la

suplementación con cafeína debe individualizarse y no aplicarse como recomendación uniforme para todos los corredores.

En conjunto, los resultados permiten interpretar que la cafeína tiene utilidad ergogénica en corredores de maratón y ultraresistencia cuando se emplea con dosis moderadas, timing adecuado y control de tolerancia individual. Su principal aporte parece relacionarse con la reducción de la percepción del esfuerzo, el aumento de la tolerancia a la fatiga, el mantenimiento del estado de alerta y, en menor medida, la mejora del desempeño físico medido por tiempo de carrera. Sin embargo, los riesgos asociados al sueño, al sistema gastrointestinal y a la variabilidad individual obligan a considerar su uso como una estrategia planificada y personalizada.

Finalmente, el análisis de resultados confirma que la cafeína debe ser comprendida como una ayuda ergogénica de efecto condicionado, porque no todos los corredores responderán de la misma forma ni todas las competencias exigirán el mismo protocolo. La evidencia revisada permite sostener que su uso puede ser beneficioso en maratón y ultraresistencia, pero únicamente cuando se ajusta a la dosis, al momento de ingesta, a la forma de administración, al patrón de consumo previo y a la tolerancia individual del atleta. Esta interpretación sirve como base para la discusión posterior, donde se compararán estos resultados con los antecedentes científicos revisados, identificando similitudes, diferencias y aportes específicos para la práctica de la nutrición deportiva.

CAPÍTULO V: Discusión, Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Discusión

La presente investigación tuvo como objetivo general analizar el consumo de cafeína y su impacto en el rendimiento deportivo de corredores de maratón y ultraresistencia. A partir de los resultados obtenidos en el capítulo IV, se identificó que la cafeína constituye una ayuda ergogénica con efecto potencial sobre el rendimiento de

resistencia, principalmente por su acción sobre el sistema nervioso central, la percepción subjetiva del esfuerzo, la tolerancia a la fatiga y el estado de alerta. Sin embargo, también se observó que su efecto no es uniforme en todos los atletas, debido a que depende de la dosis, el momento de ingesta, la forma de administración, el consumo habitual, la sensibilidad individual, la genética, la tolerancia gastrointestinal, el sueño y las condiciones propias de la competencia prolongada.

La discusión de estos resultados debe interpretarse dentro del tipo de investigación desarrollado, ya que el presente trabajo corresponde a una revisión narrativa documental y no a un ensayo clínico experimental. Por tanto, las hipótesis planteadas se analizan como supuestos teóricos sustentados en evidencia científica previa, sin afirmar causalidad directa generada por datos propios. En este sentido, la hipótesis general, que plantea que la suplementación con cafeína influye en el rendimiento deportivo de corredores de maratón y ultraresistencia al favorecer variables fisiológicas, perceptivas y cognitivas, encuentra respaldo en la literatura revisada, aunque con matices importantes en relación con la magnitud del efecto, la seguridad y la individualización de los protocolos.

Con respecto al primer objetivo específico, orientado a describir los mecanismos fisiológicos y neuromusculares mediante los cuales la cafeína puede influir en el

rendimiento de corredores de maratón y ultraresistencia, los resultados muestran que

su mecanismo principal se relaciona con el antagonismo de los receptores de adenosina. Este efecto favorece mayor activación del sistema nervioso central, reducción de la somnolencia, incremento del estado de alerta y disminución de la percepción de fatiga. Estos hallazgos coinciden con el posicionamiento de la International Society of Sports Nutrition, donde se reconoce que la cafeína puede producir beneficios pequeños a moderados sobre la resistencia muscular, la velocidad de movimiento, la fuerza, el rendimiento aeróbico y acciones específicas del deporte, especialmente cuando se consume en dosis moderadas (Guest et al., 2021).

La similitud entre los resultados obtenidos y la evidencia de Guest et al., (2021) permite sostener que la cafeína no actúa únicamente como un estimulante general, sino como una sustancia con efectos específicos sobre los mecanismos que limitan el rendimiento en deportes de resistencia. En maratón y ultraresistencia, la fatiga no depende solo de la depleción energética o del daño muscular periférico, sino también de la fatiga central, la percepción del esfuerzo, la tolerancia al dolor y la capacidad de mantener decisiones adecuadas bajo agotamiento. Por ello, el bloqueo de la adenosina permite explicar por qué algunos corredores pueden sostener el esfuerzo durante más tiempo o percibir una menor dificultad relativa para una misma carga externa.

Estos resultados también son coherentes con Wang et al., (2023), quienes reportaron que la cafeína, en dosis entre 3 y 9 mg/kg, aumentó el tiempo hasta el agotamiento durante pruebas de carrera y redujo de manera pequeña, pero estadísticamente significativa, el tiempo en pruebas contrarreloj. La mayor magnitud del efecto sobre el tiempo hasta el agotamiento, en comparación con la reducción del tiempo final, sugiere que el principal beneficio de la cafeína en corredores de resistencia se expresa en la tolerancia al esfuerzo sostenido más que en una mejora

amplia e

inmediata de la velocidad competitiva.

Esta diferencia es relevante para la interpretación de la tesis, porque el rendimiento en ultraresistencia no puede reducirse al tiempo final de carrera. En pruebas prolongadas, mantener el ritmo, evitar caídas bruscas del desempeño, conservar la concentración, tolerar el dolor y sostener la conducta de carrera son componentes tan importantes como la velocidad absoluta. En este sentido, los resultados de Wang et al., (2023) son similares a los hallazgos de esta investigación, ya que ambos señalan que la cafeína tiene mayor utilidad cuando se analiza como modulador de la fatiga y de la resistencia funcional.

En relación con el segundo objetivo específico, que buscó identificar los protocolos de dosificación, formas de administración y momentos de ingesta más utilizados, los resultados muestran que el rango de 3 a 6 mg/kg de peso corporal es el más respaldado por la literatura para mejorar el rendimiento con menor riesgo de efectos adversos. Guest et al., (2021) señalan que la cafeína ha mostrado eficacia consistente como ayuda ergogénica cuando se consume en dosis moderadas de 3 a 6 mg/kg, especialmente en ejercicios de resistencia. Este hallazgo coincide con los resultados del capítulo IV, donde se observó que dosis mayores no necesariamente producen un beneficio proporcional y pueden aumentar la probabilidad de nerviosismo, malestar gastrointestinal, taquicardia o alteración del sueño.

No obstante, en maratón y ultraresistencia la dosificación debe analizarse de manera más compleja que en pruebas de menor duración. Una dosis única administrada 45 a

60 minutos antes del ejercicio puede ser suficiente para una carrera corta o de duración moderada, pero puede resultar limitada en competencias que se extienden durante varias horas. Por ello, la literatura reciente plantea la necesidad de

considerar estrategias de reingesta o microdosificación durante el evento, especialmente cuando

el objetivo es sostener el estado de alerta y reducir la percepción de fatiga en fases avanzadas de la prueba. Este resultado respalda la hipótesis específica que plantea que la magnitud del efecto ergogénico de la cafeína varía según la dosis, la forma de administración y el momento de ingesta.

La evidencia de Kreutzer et al., (2022) permite profundizar este punto, ya que su estudio en 254 atletas de resistencia mostró que muchos deportistas utilizan cafeína como estrategia ergogénica, pero frecuentemente lo hacen a partir de porciones habituales de suplementos y no mediante cálculo individualizado en mg/kg. Además, se reportó que una proporción importante de atletas consume más de una dosis por sesión de ejercicio, lo que puede aumentar la variabilidad entre el protocolo planificado y la dosis real acumulada.

Esta información muestra una diferencia importante entre la evidencia experimental y la práctica deportiva real. Mientras los ensayos clínicos controlan la dosis, el momento de administración y la forma de consumo, los corredores en condiciones reales suelen combinar café, geles, bebidas, cápsulas, chicles o productos deportivos con concentraciones variables de cafeína. Esta discrepancia refuerza la necesidad de que el uso de cafeína no se recomiende de forma general, sino como una estrategia planificada, probada previamente en entrenamiento y ajustada al peso corporal, la tolerancia individual y la duración de la competencia.

Respecto al tercer objetivo específico, orientado a analizar los factores individuales que modifican la respuesta ergogénica a la cafeína, los resultados muestran que la respuesta no es homogénea. La tolerancia habitual, el nivel de entrenamiento, el sexo, la genética, el estado de descanso, la sensibilidad gastrointestinal y el patrón de consumo previo pueden modificar la magnitud del beneficio o la aparición de efectos adversos. Esto coincide con la revisión teórica de la tesis, donde se

reconoce que el

rendimiento en ultraresistencia depende de factores fisiológicos, psicológicos, metabólicos y ambientales, y no únicamente de la ingesta aislada de una sustancia ergogénica.

El papel de la genética resulta particularmente importante. Los genes CYP1A2 y ADORA2A han sido estudiados por su posible influencia en el metabolismo de la cafeína, la sensibilidad individual y la respuesta ergogénica. En este sentido, Davison et al., (2025) reportaron que la cafeína puede exacerbar el daño celular intestinal inducido por ejercicio y que dicho efecto estuvo influido por el genotipo ADORA2A, pero no por CYP1A2. Este hallazgo no invalida el potencial ergogénico de la cafeína, pero sí muestra que la respuesta individual puede estar condicionada por factores biológicos que van más allá de la dosis administrada.

La comparación entre estos hallazgos y los resultados de la tesis permite establecer una coincidencia parcial. Por una parte, la cafeína puede favorecer el rendimiento mediante mecanismos centrales y perceptivos; por otra, el mismo mecanismo de sensibilidad individual puede explicar la aparición de respuestas no deseadas en algunos corredores. Esto es especialmente relevante en ultraresistencia, donde el intestino, el sueño, la termorregulación y la recuperación se encuentran bajo alta demanda fisiológica. En consecuencia, la cafeína no debe interpretarse como una ayuda ergogénica universal, sino como una estrategia de respuesta variable que requiere individualización.

El consumo habitual también debe discutirse como factor modulador. Los resultados revisados sugieren que los atletas habituados a la cafeína pueden presentar respuestas diferentes en comparación con quienes tienen bajo consumo habitual. Sin embargo, la evidencia no permite afirmar de manera absoluta que el consumo crónico elimine el efecto ergogénico. Más bien, parece modificar la sensibilidad, la

del estímulo y la tolerancia a los efectos secundarios. Por ello, el patrón de consumo debe registrarse antes de planificar una estrategia precompetitiva, especialmente en corredores que consumen café, bebidas energéticas o suplementos con cafeína de manera diaria.

En cuanto al cuarto objetivo específico, dirigido a examinar los efectos adversos y riesgos asociados al uso inadecuado de cafeína, los resultados muestran que los principales riesgos se relacionan con molestias gastrointestinales, nerviosismo, insomnio, palpitaciones, temblores, taquicardia, alteración del sueño y posible deterioro de la recuperación. Estos hallazgos respaldan la hipótesis específica que plantea que el uso inadecuado de cafeína puede limitar el rendimiento y la recuperación en pruebas de larga duración. En maratón y ultraresistencia, esta dimensión es particularmente importante porque los síntomas gastrointestinales y la privación de sueño pueden comprometer tanto el desempeño como la seguridad del atleta.

La evidencia de Kocak et al., (2025) aporta un elemento relevante para esta discusión, al mostrar que el consumo de cafeína antes de entrenamientos o competencias realizadas en la tarde o noche puede generar una reducción potencial de la eficiencia del sueño, aunque el efecto sobre la duración total del sueño requiere interpretación cautelosa. Este hallazgo coincide con los resultados de la tesis, donde se identificó que el beneficio agudo de la cafeína puede entrar en conflicto con la recuperación posterior cuando se administra en horarios cercanos al descanso.

Esta situación es especialmente aplicable a la ultraresistencia, ya que muchas competencias se extienden durante la noche o durante más de un día. En estos contextos, la cafeína puede ayudar a mantener el estado de alerta y reducir la

somnolencia durante la carrera, pero también puede interferir con la recuperación si

se utiliza de forma tardía o acumulativa. Por tanto, el uso de cafeína en ultraresistencia exige una valoración estratégica: puede ser útil durante fases críticas de la competencia, pero debe administrarse considerando el horario, la duración total del evento y la necesidad de recuperación posterior.

En relación con la recuperación metabólica, Loureiro et al., (2021) reportaron que el consumo de café combinado con una cantidad adecuada de carbohidratos después del ejercicio puede aumentar la resíntesis de glucógeno muscular durante la recuperación. Este hallazgo aporta una dimensión complementaria, ya que la cafeína no solo podría influir en el rendimiento durante el ejercicio, sino también en ciertos procesos de recuperación cuando se utiliza junto con una estrategia nutricional adecuada.

Sin embargo, este resultado debe interpretarse con prudencia dentro del contexto de la presente investigación. La recuperación en maratón y ultraresistencia no depende únicamente de la reposición de glucógeno, sino también del sueño, la hidratación, la reparación muscular, la tolerancia gastrointestinal, el estado inflamatorio y la carga acumulada de la competencia. Por ello, aunque la combinación de cafeína y carbohidratos podría tener utilidad en determinados escenarios de recuperación metabólica, no debe promoverse como estrategia universal si compromete el sueño o produce síntomas adversos.

La revisión también permite discutir el valor práctico de la cafeína en escenarios reales de carrera. Los hallazgos sugieren que su mayor utilidad ocurre cuando se integra dentro de una estrategia nutricional completa, junto con carbohidratos, hidratación, planificación del ritmo y entrenamiento gastrointestinal. En ausencia de esta planificación, la cafeína puede convertirse en una intervención mal controlada, especialmente cuando el corredor combina diferentes productos sin conocer la dosis

total acumulada. Esto refuerza la importancia de probar la estrategia durante entrenamientos largos y no por primera vez durante la competencia.

En síntesis, la discusión de los resultados permite aceptar parcialmente la hipótesis general de la investigación. La cafeína sí puede influir favorablemente en el rendimiento deportivo de corredores de maratón y ultraresistencia, sobre todo en dimensiones fisiológicas, perceptivas y cognitivas. No obstante, el efecto no debe interpretarse como lineal, uniforme ni exento de riesgos. Su impacto depende de la dosis, el timing, la forma de administración, el patrón de consumo previo, la genética, el sueño, el estado gastrointestinal y las características de la prueba.

Desde la perspectiva metodológica, este hallazgo es coherente con una revisión narrativa documental, cuyo objetivo no es demostrar experimentalmente un efecto nuevo, sino integrar evidencia científica reciente y aplicarla al contexto específico de corredores de maratón y ultraresistencia.

El principal aporte de la investigación consiste en mostrar que la cafeína puede ser una ayuda ergogénica útil, pero que su recomendación debe pasar de un enfoque general basado en “consumir cafeína para mejorar el rendimiento” a un enfoque individualizado basado en “planificar dosis, horario, forma de consumo, tolerancia y recuperación”.

5.2. Conclusiones

La presente investigación permitió analizar el consumo de cafeína y su impacto en el rendimiento deportivo de corredores de maratón y ultraresistencia, integrando evidencia científica reciente sobre sus mecanismos fisiológicos, protocolos de administración, factores individuales y riesgos asociados. A partir de la revisión documental realizada, se concluye que la cafeína es una ayuda ergogénica con respaldo científico para deportes de resistencia, pero su utilidad en maratón y

ultraresistencia depende de una aplicación estratégica e individualizada.

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que la cafeína influye en el rendimiento de corredores de maratón y ultraresistencia principalmente mediante mecanismos centrales y perceptivos. Su acción como antagonista de los receptores de adenosina favorece el estado de alerta, reduce la sensación de somnolencia, disminuye la percepción subjetiva del esfuerzo y puede retrasar la aparición de la fatiga central. Estos efectos son relevantes en carreras prolongadas, donde el rendimiento depende no solo de la capacidad muscular y cardiorrespiratoria, sino también de la tolerancia al esfuerzo, la toma de decisiones y la capacidad de mantener la concentración durante periodos extensos.

Respecto al segundo objetivo específico, se concluye que los protocolos de dosificación más respaldados por la literatura se ubican principalmente entre 3 y 6 mg/kg de peso corporal, administrados de forma habitual entre 45 y 60 minutos antes del ejercicio. No obstante, en pruebas de ultraresistencia, una dosis única previa puede resultar insuficiente por la duración prolongada del evento, por lo que las estrategias de reingesta o microdosificación durante la competencia pueden tener utilidad práctica. Estas estrategias deben planificarse con precaución para evitar acumulación excesiva y efectos adversos.

En relación con el tercer objetivo específico, se concluye que la respuesta ergogénica a la cafeína es variable y depende de factores individuales. El consumo habitual, la sensibilidad personal, el nivel de entrenamiento, el sexo, el estado de descanso, la genética y la tolerancia gastrointestinal pueden modificar tanto el beneficio esperado como la probabilidad de efectos adversos. Por esta razón, no es metodológicamente correcto asumir que todos los corredores responderán de la misma manera ante una misma dosis de cafeína.

En relación con el cuarto objetivo específico, se concluye que el uso inadecuado de cafeína puede generar efectos adversos capaces de limitar el rendimiento y la recuperación. Los riesgos más relevantes identificados fueron molestias gastrointestinales, nerviosismo, insomnio, temblores, palpitaciones, taquicardia, alteración de la eficiencia del sueño y posible exacerbación del daño intestinal asociado al ejercicio prolongado. Estos efectos son particularmente importantes en maratón y ultraresistencia, porque el tracto gastrointestinal, el sueño y la recuperación son componentes críticos del rendimiento sostenido.

Finalmente, se concluye que la cafeína puede ser una herramienta ergogénica útil para corredores de maratón y ultraresistencia, siempre que se utilice mediante una estrategia individualizada, probada previamente en entrenamiento y ajustada al tipo de competencia. La recomendación práctica no debe centrarse en promover su consumo de manera general, sino en orientar su uso seguro, eficaz y contextualizado, considerando las características del atleta y las demandas específicas de la prueba.

5.3. Recomendaciones

Se recomienda que los nutricionistas deportivos, entrenadores y corredores utilicen la cafeína como una estrategia planificada y no como un recurso improvisado durante la competencia. Antes de su uso en maratón o ultraresistencia, debe evaluarse el peso corporal del atleta, su consumo habitual de cafeína, su tolerancia gastrointestinal, su sensibilidad al nerviosismo o al insomnio, el horario de la prueba, la duración esperada del esfuerzo y la disponibilidad de productos con dosis conocidas. Esta valoración previa permitiría reducir el riesgo de subdosificación, sobredosificación o efectos adversos.

Desde la perspectiva de la dosificación, se recomienda utilizar como punto de

partida rangos moderados, preferentemente entre 3 y 6 mg/kg de peso corporal,
ajustando la

cantidad según tolerancia, experiencia previa y duración del evento. En carreras prolongadas, puede considerarse una estrategia fraccionada o de microdosificación, pero siempre calculando la dosis total acumulada y evitando combinar múltiples productos sin control de su contenido de cafeína.

Se recomienda que los corredores eviten utilizar por primera vez cafeína, geles cafeinados, bebidas energéticas o cápsulas durante una competencia. El uso no probado puede generar síntomas digestivos, ansiedad, taquicardia o alteraciones del ritmo de carrera. En maratón y ultraresistencia, donde la tolerancia gastrointestinal puede deteriorarse con el paso de las horas, esta recomendación tiene especial importancia para prevenir abandono, disminución del rendimiento o malestar severo.

Se recomienda que los estudios futuros diferencien entre corredores recreativos, entrenados, élite y ultrarresistentes, ya que la respuesta a cafeína puede variar según el nivel de adaptación fisiológica y la experiencia competitiva. No debería asumirse que los resultados obtenidos en una prueba corta, en ciclistas o en atletas recreativos se aplican de forma directa a corredores de ultradistancia. Esta diferenciación permitiría construir recomendaciones más precisas para cada perfil deportivo.

Finalmente, se recomienda que la cafeína sea incorporada dentro de un plan integral de nutrición deportiva y no como una estrategia aislada. Su eficacia depende de la disponibilidad de carbohidratos, hidratación, control del ritmo, descanso, adaptación gastrointestinal y experiencia previa del corredor. En consecuencia, el uso adecuado de cafeína en maratón y ultraresistencia debe formar parte de una planificación completa orientada a mejorar el rendimiento, reducir riesgos y favorecer la recuperación del atleta.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barcelos, R. P., Lima, F. D., Carvalho, N. R., Bresciani, G., & Royes, L. F. (2020). Caffeine effects on systemic metabolism, oxidative-inflammatory pathways, and exercise performance. *Nutrition Research*, 80, 1–17.
<https://doi.org/10.1016/j.nutres.2020.05.005>
- Belayneh, A., & Molla, F. (2020). The Effect of Coffee on Pharmacokinetic Properties of Drugs: A Review. *BioMed Research International*, 2020, 7909703.
<https://doi.org/10.1155/2020/7909703>
- Berger, N. J. A., Best, R., Best, A. W., Lane, A. M., Millet, G. Y., Barwood, M., Marcora, S., Wilson, P., & Bearden, S. (2024). Limits of Ultra: Towards an Interdisciplinary Understanding of Ultra-Endurance Running Performance. *Sports Medicine*, 54(1), 73–93. <https://doi.org/10.1007/s40279-023-01936-8>
- Burke, L. M., Merrell, L., Heikura, I. A., Civil, R., Sharma, A. P., Leckey, J. J., & McKay, A. K. A. (s/f). *Caffeine enhances performance regardless of fueling strategy; however, high carbohydrate availability is associated with improved training speeds compared with ketogenic diet.*
- Clarke, N. D., & Richardson, D. L. (2021). Habitual Caffeine Consumption Does Not Affect the Ergogenicity of Coffee Ingestion During a 5 km Cycling Time Trial. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 31(1), 13–20. <https://doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0204>
- Cuartas Agudelo, Y., Vergara Yanez, D., Castañeda, S., Duque Echeverri, L., Saavedra Valencia, M., & Martínez-Sánchez, L. (2024). Efectos de la cafeína en la salud. *Medicina Interna de México*, 40, 211.
<https://doi.org/10.24245/mim.v40i3.9688>
- Davison, G., Carswell, A. T., Baron, P., & Martinez-Gonzalez, B. (2025). Caffeine exacerbates exercise-induced gut cell damage and is influenced by ADORA2A

- genotype but not CYP1A2 genotype: A preliminary study. *Physiological Reports*, 13(22), e70673. <https://doi.org/10.14814/phy2.70673>
- Duda, J., Kędzia, J., Racisz, K., Obcowska, A., Racisz, P., & Walendzik, A. (2025). Caffeine Use in Long-Distance Running: Timing, Dosage, and Multi-Dimensional Effects on Performance and Perceived Effort. A Review. *Quality in Sport*, 46, 66628–66628. <https://doi.org/10.12775/QS.2025.46.66628>
- Gómez Leyva, B., Díaz Armas, M. T., Valdés Cabodevilla, R. C., & Miguel Cruz, M. A. (2021). Efectos del consumo de café sobre la salud. *MediSur*, 19(3), 492–502.
- Guest, N. S., VanDusseldorp, T. A., Nelson, M. T., Grgic, J., Schoenfeld, B. J., Jenkins, N. D. M., Arent, S. M., Antonio, J., Stout, J. R., Trexler, E. T., Smith-Ryan, A. E., Goldstein, E. R., Kalman, D. S., & Campbell, B. I. (2021). International society of sports nutrition position stand: Caffeine and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18, 1. <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00383-4>
- Herrera-Zelada, N., Zuñiga-Cuevas, U., Ramirez-Reyes, A., Lavandero, S., & Riquelme, J. A. (2021). Targeting the Endothelium to Achieve Cardioprotection. *Frontiers in Pharmacology*, 12, 636134. <https://doi.org/10.3389/fphar.2021.636134>
- Hunt, L. A., Hospers, L., Smallcombe, J. W., Mavros, Y., & Jay, O. (2021). Caffeine alters thermoregulatory responses to exercise in the heat only in caffeine-habituated individuals: A double-blind placebo-controlled trial. *Journal of Applied Physiology*, 131(4), 1300–1310. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00172.2021>
- John, K., Kathuria, S., Peel, J., Page, J., Aitkenhead, R., Felstead, A., Heffernan, S.

- compromises thermoregulation and does not improve cycling time to exhaustion in the heat amongst males. *European Journal of Applied Physiology*, 124(8), 2489–2502. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05460-z>
- Karakulak, I., Yildirim, U. C., Erkan, D., Karayigit, R., Eyuboglu, E., Diedhiou, A. B., Gundem, M. C., Tuncer, S. Y., Sar, H., Ozen, G., & Akca, F. (2025). Varying doses of evening caffeine ingestion have different effects on rowing ergometer performance, sleep quality, and wakefulness scores. *Frontiers in Nutrition*, 12, 1659220. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1659220>
- Katz, A. (2022). A century of exercise physiology: Key concepts in regulation of glycogen metabolism in skeletal muscle. *European Journal of Applied Physiology*, 122(8), 1751–1772. <https://doi.org/10.1007/s00421-022-04935-1>
- Knechtle, B., & Nikolaidis, P. T. (2018). Physiology and Pathophysiology in Ultra-Marathon Running. *Frontiers in Physiology*, 9, 634. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00634>
- Kocak, A., Georgousopoulou, E., Knight-Agarwal, C. R., Matthews, R., & Minehan, M. (2025). The Effect of Consuming Caffeine Before Late Afternoon/Evening Training or Competition on Sleep: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports*, 13(9). <https://doi.org/10.3390/sports13090317>
- Kreutzer, A., Graybeal, A. J., Moss, K., Braun-Trocchio, R., & Shah, M. (2022). Caffeine Supplementation Strategies Among Endurance Athletes. *Frontiers in Sports and Active Living*, 4, 821750. <https://doi.org/10.3389/fspor.2022.821750>
- Loureiro, L. M. R., Dos Santos Neto, E., Molina, G. E., Amato, A. A., Arruda, S. F., Reis, C. E. G., & Da Costa, T. H. M. (2021). Coffee Increases Post-Exercise Muscle Glycogen Recovery in Endurance Athletes: A Randomized Clinical Trial. *Nutrients*, 13(10), 3335. <https://doi.org/10.3390/nu13103335>
- Ogueta-Alday, A., & García-López, J. (2016). Factores que afectan al rendimiento en

- carreras de fondo. [Factors affecting long-distance running performance]. *RICYDE. Revista internacional de ciencias del deporte*, 12(45), 278–308.
<https://doi.org/10.5232/ricyde2016.04505>
- Owen, J. B., & Butterfield, D. A. (2010). Measurement of oxidized/reduced glutathione ratio. *Methods in Molecular Biology*, 648, 269–277. https://doi.org/10.1007/978-1-60761-756-3_18
- PubliCE. (2024, septiembre 1). *Competencias de Ultra-Marathon—Grupo Sobre Entrenamiento*.
<https://g-se.com/es/competencias-de-ultra-marathon-2246-sa-v58b8746524781>
- Sampaio-Jorge, F., Morales, A. P., Pereira, R., Barth, T., & Ribeiro, B. G. (2021). Caffeine increases performance and leads to a cardioprotective effect during intense exercise in cyclists. *Scientific Reports*, 11(1), 24327.
<https://doi.org/10.1038/s41598-021-03158-2>
- Silva, H., Del Coso, J., & Pickering, C. (2025a). Caffeine and Sports Performance: The Conflict between Caffeine Intake to Enhance Performance and Avoiding Caffeine to Ensure Sleep Quality. *Sports Medicine*, 55(7), 1579–1592. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02245-y>
- Silva, H., Del Coso, J., & Pickering, C. (2025b). Caffeine and Sports Performance: The Conflict between Caffeine Intake to Enhance Performance and Avoiding Caffeine to Ensure Sleep Quality. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, 55(7), 1579–1592. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02245-y>
- Spriet, L. L. (2020). *CAFFEINE AND EXERCISE PERFORMANCE: AN UPDATE*. 33(203).
- Stadheim, H. K., Stensrud, T., Brage, S., & Jensen, J. (2021). Caffeine Increases Exercise Performance, Maximal Oxygen Uptake, and Oxygen Deficit in Elite

2264–2273. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002704>

Suárez González, K. D., & Orbea Cadena, P. V. (2026). Relación entre el consumo de cafeína, la percepción de esfuerzo y la fatiga en corredores amateur del equipo MAT - Latacunga [Trabajo de titulación de maestría, Universidad Estatal de Milagro]. Repositorio Institucional UNEMI

Tiller, N. B., Roberts, J. D., Beasley, L., Chapman, S., Pinto, J. M., Smith, L., Wiffin, M., Russell, M., Sparks, S. A., Duckworth, L., O'Hara, J., Sutton, L., Antonio, J., Willoughby, D. S., Tarpey, M. D., Smith-Ryan, A. E., Ormsbee, M. J., Astorino, T. A., Kreider, R. B., ... Bannock, L. (2019). International Society of Sports Nutrition Position Stand: Nutritional considerations for single-stage ultra-marathon training and racing. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 16(1), 50. <https://doi.org/10.1186/s12970-019-0312-9>

Tsai, Y.-S., Chen, T.-T., Chan, Y.-C., Huang, C.-C., Lai, T.-F., Liao, Y., Metcalfe, R. S., Chen, Y.-C., & Wang, H.-S. (2025). Acute caffeine supplementation offsets the impairment in 10-km running performance following one night of partial sleep deprivation: A randomized controlled crossover trial. *European Journal of Applied Physiology*, 125(3), 825–835. <https://doi.org/10.1007/s00421-024-05638-5>

Ultramarathon Nutrition Guide. (2025, mayo 7). Cadence.

<https://us.usecadence.com/blogs/science/ultramarathon-nutrition-guide>

Wang, Z., Qiu, B., Gao, J., & Coso, J. D. (2022). Effects of Caffeine Intake on Endurance Running Performance and Time to Exhaustion: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/nu15010148>

Wang, Z., Qiu, B., Gao, J., & Del Coso, J. (2023). Effects of Caffeine Intake on Endurance Running Performance and Time to Exhaustion: A Systematic

Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 15(1), 148.

<https://doi.org/10.3390/nu15010148>

Waśkiewicz, Z., Knechtle, B., & Sadowska-Krępa, E. (Eds.). (2022). *Endurance and Ultra-Endurance Sports in Extreme Conditions: Physiological and Pathophysiological Issues*. Frontiers Media SA.

<https://doi.org/10.3389/978-2-83250-053-8>

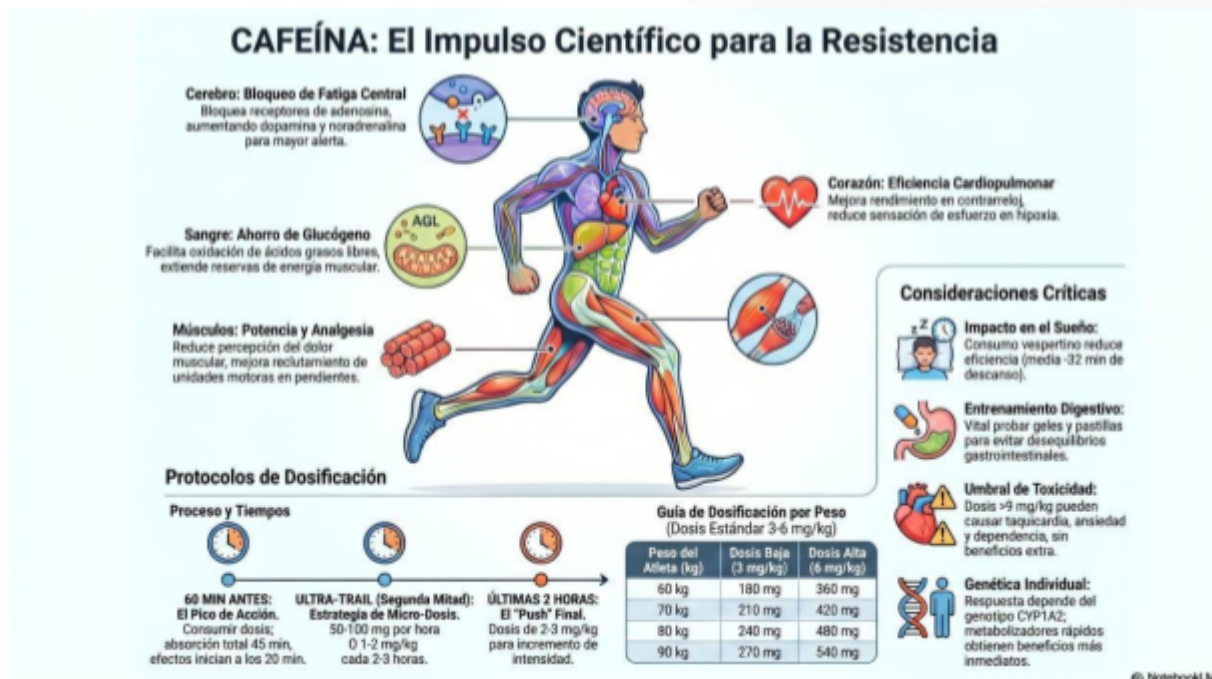
Wierick, S. C., Perez, R. I., Zhao, X., & McDermott, B. P. (2025). Hydration Strategies in Ultra-Endurance Running: A Narrative Review of Programmed Versus Thirst-Driven Approaches. *Nutrients*, 17(22), 3526.

<https://doi.org/10.3390/nu17223526>

Wu, W., Tao, X., Dong, H., Yang, J., Liang, Y., Lv, Y., & Yu, L. (2025). Effects of Different Doses of Caffeine on Endurance Exercise Performance in the Heat. *Life*, 15(3), 478. <https://doi.org/10.3390/life15030478>

ANEXOS

Infografía 1. Consumo de cafeína ayuda en su rendimiento en atletas de maratón y ultrarresistencia.



Infografía 2. Guía científica de la cafeína en el rendimiento de maratonistas y ultrarresistencia.



Infografía 3. Guía sobre el consumo de cafeína en corredores de Ultrarresistencia



Infografía 4. Formas y vías de consumo de la cafeína

