

**EFFECTOS DE UN PROGRAMA DE FUERZA SOBRE EL RENDIMIENTO
NEUROMUSCULAR O LA FATIGA EN CORREDORES DE ULTRATRAIL
EFFECTS OF A STRENGTH-TRAINING PROGRAM ON NEUROMUSCULAR
PERFORMANCE AND FATIGUE IN ULTRATRAIL RUNNERS**

Autores: ¹Rommel Antonio Riofrio Miranda y ²Leonor Mariana Duque Fernández.

¹ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5601-9945>

²ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4271-0820>

¹E-mail de contacto: rommel.riofriomiranda2125@upse.edu.ec

²E-mail de contacto: lduque@upse.edu.ec

Afiliación: ¹*Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador). ²*Universidad Estatal Península de Santa Elena (Ecuador) – Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña – ISFODOSU, (República Dominicana).

Artículo recibido: 12 de Marzo del 2026

Artículo revisado: 14 de Marzo del 2026

Artículo aprobado: 20 de Marzo del 2026

¹Licenciado en Ciencias Militares de la Escuela Politécnica del Ejército, (Ecuador). Magíster en Educación mención en Gestión del Aprendizaje mediado por TIC de la Universidad Internacional del Ecuador, (Ecuador). Maestrante en Entrenamiento Deportivo, Universidad Estatal Península de Santa Elena, (Ecuador).

²Licenciada en Educación Física y Deporte. Máster en Cultura Física Terapéutica. Doctora en Ciencias de la Cultura Física. Postdoctora en Políticas Públicas y Educación. Docente desde hace más de 15 años, con experiencia en los diferentes niveles educativos, ejerciendo labor docente en diferentes países como Colombia, Cuba, México, República Dominicana y Ecuador. Docente-Investigadora, con diferentes publicaciones en revistas indexadas de alto y medio impacto en idiomas español e inglés, abarcando diferentes aristas de la profesión. Investigadora del grupo de investigación GIEDUFIS como miembro externo. Miembro de la Carrera Nacional de Investigadores en Ciencia, Tecnología e Innovación, Categoría: Adscrito del Ministerio de Educación Superior, Ciencia y Tecnología - MESCYT (República Dominicana). Ha podido ejercer la profesión desde el área administrativa fungiendo como Coordinadora del Área de Educación Física y del Laboratorio de Morfo Funcional en el Instituto Superior de Formación Docente Salomé Ureña – ISFODOSU, en la República Dominicana. Fundadora y Miembro del Comité de Ética y Bioética de Investigación del CUY. Noviembre, 2025. Colegio Universitario de Yahualica (CUY). San Francisco del Rincón, Guanajuato, (México).

Resumen

El ultratrail presenta demandas fisiológicas, biomecánicas y neuromusculares que requieren programas de fuerza estructurados y adaptados a la complejidad del terreno. Por lo tanto, el objetivo de este estudio consistió en analizar los efectos de un plan de entrenamiento de fuerza de doce semanas sobre indicadores neuromusculares y perceptuales en corredores de ultramaratón de trail running. Se aplicó un diseño preexperimental pretest–postest a un solo grupo con una muestra de (n=12) corredores que completaron un programa periodizado en fases de adaptación anatómica, fuerza máxima, resistencia de fuerza y mantenimiento. Se evaluó la altura del salto con contramovimiento, la fuerza isométrica de los miembros inferiores, la estabilidad del core, la fatiga percibida y la percepción subjetiva del esfuerzo. Los análisis realizados mostraron incrementos consistentes en la capacidad de producción de fuerza y en la estabilidad central, además de reducciones relevantes en los indicadores perceptuales. Asimismo, los participantes incrementaron su rendimiento

neuromuscular y disminuyeron sus niveles de fatiga y de esfuerzo percibido, lo que confirmó la eficacia del programa aplicado. De igual manera, la intervención generó tamaños del efecto elevados en las variables neuromusculares y mostró asociaciones moderadas entre algunas mejoras funcionales y cambios perceptuales. En consecuencia, el plan de fuerza evaluado constituye una propuesta metodológica pertinente y aplicable para corredores de ultratrail, porque responde a las demandas específicas de esta disciplina y contribuye a optimizar el rendimiento en condiciones de alta exigencia.

Palabras clave: Entrenamiento de fuerza, Ultramaratón, Trail running, Rendimiento neuromuscular, Fatiga.

Abstract

Ultratrail running imposes demanding physiological, biomechanical and neuromuscular requirements that call for structured strength-training programs adapted to the complexity of mountainous terrain. Therefore, the purpose of this study was to

analyze the effects of a twelve-week strength-training plan on neuromuscular and perceptual indicators in ultramarathon trail runners. A quasi-experimental pretest–posttest design without a control group was applied with a sample of twelve runners who completed a periodized program divided into phases of anatomical adaptation, maximal strength, strength endurance and maintenance. The evaluated variables included the height of the countermovement jump, the isometric strength of the lower limbs, the stability of the core, perceived fatigue and subjective effort. The analyses revealed consistent improvements in force production capacity and central stability, as well as meaningful reductions in perceptual indicators. In addition, participants increased their neuromuscular performance and decreased their levels of perceived fatigue and subjective effort, which confirmed the effectiveness of the applied program. Likewise, the intervention produced large effect sizes in neuromuscular variables and showed moderate associations between some functional improvements and perceptual changes. Consequently, the evaluated strength-training plan constitutes a relevant and applicable methodological proposal for ultratrail runners, because it responds to the specific demands of this discipline and contributes to optimizing performance under conditions of high physical demand.

Keywords: Strength training, Ultramarathon, Trail running, Neuromuscular performance, Fatigue.

Sumário

O ultratrail apresenta exigências fisiológicas, biomecânicas e neuromusculares que requerem programas de força estruturados e adaptados à complexidade do terreno montanhoso. Portanto, o objetivo deste estudo consistiu em analisar os efeitos de um plano de treinamento de força de doze semanas sobre indicadores neuromusculares e perceptuais em corredores de ultramaratona de trail running. Aplicou-se um delineamento quase-experimental pré-teste e pós-teste sem grupo controle, com uma amostra de doze corredores que completaram

um programa periodizado em fases de adaptação anatômica, força máxima, resistência de força e manutenção. As variáveis avaliadas incluíram a altura do salto com contramovimento, a força isométrica dos membros inferiores, a estabilidade do core, a fadiga percebida e o esforço subjetivo. As análises revelaram melhorias consistentes na capacidade de produção de força e na estabilidade central, além de reduções relevantes nos indicadores perceptuais. Ademais, os participantes aumentaram seu desempenho neuromuscular e reduziram seus níveis de fadiga percebida e esforço subjetivo, o que confirmou a eficácia do programa aplicado. Do mesmo modo, a intervenção gerou elevados tamanhos de efeito nas variáveis neuromusculares e mostrou associações moderadas entre algumas melhorias funcionais e alterações perceptuais. Consequentemente, o plano de força avaliado constitui uma proposta metodológica pertinente e aplicável para corredores de ultratrail, pois responde às demandas específicas da modalidade e contribui para otimizar o desempenho em condições de alta exigência.

Palavras-chave: Treinamento de força, Ultramaratona, Trail running, Desempenho neuromuscular, Fadiga.

Introducción

El trail running de ultramaratón presenta exigencias fisiológicas, biomecánicas y neuromusculares que superan de manera considerable a las observadas en modalidades de resistencia tradicionales, debido a que combina ascensos prolongados, descensos técnicos y superficies irregulares que modifican la mecánica de carrera y aumentan el estrés musculoesquelético en cada fase del recorrido (Daniel et al., 2024; Diermeier et al., 2018; Kupchak et al., 2014; Ward, 2022). Además, los corredores enfrentan condiciones ambientales variables y altimetrías pronunciadas que incrementan el costo energético del desplazamiento, por lo que la

necesidad de mantener estabilidad, eficiencia técnica y control motor se vuelve determinante para sostener el rendimiento en distancias superiores a los treinta kilómetros (Easthope et al., 2014; Alcock et al., 2018; Soppelsa et al., 2025; Tiller y Illidi, 2024). Asimismo, la fatiga acumulada durante esfuerzos prolongados afecta la coordinación intermuscular y produce deterioros marcados en la economía de carrera (Easthope et al., 2014), lo que coincide con los análisis de Hoffman (2016), quien destaca que la sobrecarga excéntrica en descensos repetidos incrementa el riesgo de daño muscular y compromete la integridad articular.

Por otra parte, la literatura reciente evidencia que los corredores de ultratrail presentan alteraciones fisiológicas asociadas con la calidad del sueño, la función gastrointestinal y la respuesta hepática, debido a que los esfuerzos continuos afectan la homeostasis sistémica (Benedetti et al., 2021; D'Andrea et al., 2023; Mauvieux et al., 2022). En este sentido, Daniel et al. (2024) explican que la privación de sueño disminuye la coordinación y aumenta la percepción del esfuerzo, mientras que van Venrooij et al. (2022) describen que la integridad gastrointestinal se ve comprometida en distancias prolongadas, lo que provoca malestar digestivo y reduce la absorción de nutrientes esenciales. Li et al. (2017) reportan cambios relevantes en la función hepática en corredores que participan en pruebas por etapas, debido a que el estrés metabólico repetido supera los mecanismos compensatorios habituales. En consecuencia, la interacción entre factores musculares, neuromecánicos y sistémicos completa un panorama en el cual el rendimiento no depende únicamente de la capacidad aeróbica, sino también de la resistencia estructural y de la tolerancia fisiológica frente a cargas extremas.

Diversos autores señalan que los parámetros aeróbicos tradicionales no explican completamente el rendimiento en eventos de ultradistancia, debido a que esta disciplina requiere niveles elevados de fuerza, rigidez musculotendinosa y estabilidad del core para sostener la técnica en terrenos complejos (Denadai y Greco, 2022; Easthope et al., 2014). De igual manera, Laurin et al. (2019) afirman que la capacidad neuromuscular mejora de forma sustancial cuando los deportistas incorporan programas de fuerza estructurados, por lo que la preparación adecuada debe integrar estímulos destinados a incrementar la producción de fuerza máxima y la resistencia frente a cargas excéntricas. Asimismo, Foulkes et al. (2023) explican que el desarrollo conjunto de la fuerza y la capacidad aeróbica incrementa la eficiencia mecánica y la tolerancia a la fatiga en esfuerzos prolongados. Sin embargo, la evidencia científica indica que muchos corredores de ultratrail continúan utilizando planes de entrenamiento centrados de manera predominante en el volumen de carrera, por lo que omiten estímulos de fuerza que resultan determinantes para sostener la técnica durante descensos repetidos y terrenos inestables (Chou et al., 2016; Armento et al., 2023; Lima et al., 2024; Nemkov et al., 2023; Soppelsa et al., 2025).

Esta carencia metodológica incrementa la vulnerabilidad ante lesiones por sobreuso y acelera el deterioro neuromuscular durante esfuerzos prolongados, debido a que la musculatura del tren inferior pierde eficiencia frente al impacto repetido (Goodrum et al., 2025; Hoffman, 2016; Rizzo et al., 2024; Soppelsa et al., 2025; Weir et al., 2025; Zapata et al., 2024). En tal sentido, Hoffman (2016) señala que la ausencia de una preparación adecuada de fuerza produce alteraciones técnicas evidentes en condiciones de fatiga

avanzada, mientras que Kupchak et al. (2014) documentan variaciones hormonales y marcadores de daño muscular que se intensifican cuando no existe fortalecimiento suficiente. En consecuencia, la falta de programas específicos de fuerza diseñados para corredores de ultratrail revela una brecha científica y práctica que limita la optimización del rendimiento. La literatura actual muestra escasez de investigaciones que integren de manera sistemática el desarrollo de fuerza máxima, la resistencia de fuerza y la tolerancia excéntrica dentro de un enfoque metodológico completo. Además, pocos estudios analizan el impacto conjunto de estas cualidades sobre variables neuromusculares y perceptuales (Easthope et al., 2014; Laurin et al., 2019), por lo que se mantiene un vacío en el diseño de programas basados en principios contemporáneos de periodización. De igual manera, la ausencia de investigaciones que integren indicadores como la fatiga y la percepción del esfuerzo disminuye la comprensión integral de la respuesta fisiológica en carreras de ultradistancia.

Por lo tanto, el presente estudio se desarrolla mediante un diseño cuasi-experimental pretest–postest sin grupo control, con el propósito de analizar los efectos de un plan de entrenamiento de fuerza de doce semanas sobre indicadores neuromusculares y perceptuales en corredores de ultramaratón de trail running. Además, los resultados obtenidos muestran adaptaciones positivas en las capacidades de fuerza y estabilidad, así como reducciones en los indicadores de fatiga, lo que confirma la pertinencia de examinar este tipo de intervenciones dentro de la preparación integral para el ultratrail. En consecuencia, la investigación aporta evidencia que permite comprender de manera más profunda la relevancia del entrenamiento de fuerza como

componente esencial en el rendimiento de corredores que enfrentan demandas extremas en entornos de montaña.

Materiales y Métodos

El estudio se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo con orientación explicativa (Hernández et al., 2010), debido a que buscó analizar los efectos de un plan de entrenamiento de fuerza sobre indicadores neuromusculares y perceptuales en corredores de ultramaratón de trail running. Además, se adoptó una perspectiva empírico-analítica que permitió establecer relaciones causales entre la intervención y los cambios observados en las variables dependientes. Por lo tanto, la investigación se estructuró a partir de un diseño preexperimental pretest–postest (Grupo único), lo que proporcionó condiciones adecuadas para evaluar las adaptaciones generadas después del programa de entrenamiento en un entorno aplicado.

La población objetivo estuvo conformada por (n=12) corredores recreativos y competitivos de ultratrail que participaban de manera regular en eventos superiores a los treinta kilómetros y que se encontraban en una fase de preparación general. La muestra se seleccionó mediante un muestreo intencional y quedó constituida por aquellos que cumplían criterios como la ausencia de lesiones activas, la experiencia mínima de dos años en carreras de montaña y la disponibilidad para participar en el programa completo. Además, se incluyeron deportistas con niveles de entrenamiento estables para asegurar que las respuestas fisiológicas derivaran del programa propuesto y no de variaciones en el volumen aeróbico externo al estudio. Asimismo, todos los participantes firmaron un consentimiento informado después de recibir una explicación clara de los objetivos y procedimientos.

Las variables dependientes evaluadas incluyeron la capacidad de salto vertical mediante el test de salto con contramovimiento, la fuerza isométrica de miembros inferiores, la estabilidad del core a través de una prueba de resistencia isométrica, la fatiga percibida mediante una escala numérica y la percepción de esfuerzo mediante la escala de Borg. Por otra parte, la variable independiente correspondió al plan de entrenamiento de fuerza diseñado para el estudio. Asimismo, la intervención se estructuró en cuatro fases que conformaron un ciclo completo de doce semanas, que incluyó cuatro semanas en el meso de acumulación que permitieron la adaptación anatómica, cuatro semanas del meso de transformación con el desarrollo de los diferentes tipos de fuerza y resistencia y cuatro semanas del meso de realización para el mantenimiento y consolidación del trabajo funcional. Cada fase presentó objetivos específicos orientados hacia la mejora de la función neuromuscular, la estabilidad técnica y la tolerancia excéntrica, lo que coincide con lineamientos de periodización empleados en corredores de ultradistancia.

Las evaluaciones se realizaron en dos momentos: antes de iniciar el programa y después de completar las doce semanas de intervención. Las pruebas se aplicaron bajo condiciones controladas y con instrucciones estandarizadas para asegurar la confiabilidad de los datos. Asimismo, se utilizó el salto con contramovimiento para evaluar la capacidad de producción de fuerza rápida, debido a que este test presenta alta validez y correlación con el rendimiento en carrera de montaña. De igual forma, la fuerza isométrica se midió mediante una prueba de empuje sin desplazamiento que permitió identificar la capacidad de producir fuerza máxima, mientras que la estabilidad del core se evaluó mediante una prueba isométrica sostenida que permitió estimar la resistencia del

tronco frente a demandas prolongadas. Además, la fatiga se cuantificó con una escala de percepción inmediata y el esfuerzo se evaluó mediante la escala de Borg al final de sesiones seleccionadas. Las técnicas de recolección de datos incluyeron la toma directa de mediciones individuales, el registro estandarizado de cada variable y la verificación de que todos los participantes completaran las pruebas en condiciones comparables. Asimismo, la intervención se supervisó de manera presencial para asegurar que los ejercicios se ejecutaran de acuerdo con la intensidad, la progresión y los objetivos específicos de cada fase. De igual manera, se garantizó que la carga aeróbica externa no presentara variaciones significativas que pudieran influir en los resultados del programa de fuerza.

Los datos obtenidos se procesaron mediante análisis estadístico descriptivo e inferencial. El análisis descriptivo incluyó el cálculo de medias y desviaciones estándar para cada variable en ambos momentos de evaluación. Además, se aplicó la “prueba t” para muestras relacionadas con el fin de identificar diferencias significativas entre los valores pre y post intervención. Asimismo, se calculó el tamaño del efecto mediante el estadístico Cohen’s d para determinar la magnitud real de los cambios observados. De igual manera, se utilizaron correlaciones de Pearson para analizar la relación entre los cambios porcentuales de las variables neuromusculares y los cambios porcentuales en las variables perceptuales. Además, se estimaron los cambios relativos mediante la fórmula $[(\text{post} - \text{pre}) / \text{pre} \times 100]$, lo que permitió evaluar de forma proporcional la respuesta de cada participante y construir los análisis presentados en las figuras posteriores.

Finalmente, todos los procedimientos respetaron las pautas éticas internacionales para

estudios con seres humanos, debido a que los participantes otorgaron su consentimiento voluntario y recibieron información clara sobre los objetivos del estudio, los beneficios esperados y los posibles riesgos. Además, se procuró garantizar la confidencialidad de los datos personales y el uso exclusivo de la información con fines científicos.

Resultados y Discusión

El programa de fuerza que se propone está integrado por tres fases, las que se corresponden con la planificación en mesociclos de Acumulación, Transformación y Realización (ATR), los que integran los objetivos, componentes externos de la carga física y ejercicios y métodos a aplicar. A continuación,

se describe cada una de las fases: **Fase 1** - microciclo de acumulación (Semanas 1 - 4, incluye adaptación y trabajo de fuerza). **Objetivo de la fase:** Construir una base sólida de resistencia aeróbica, fuerza general y adaptación musculoesquelética al volumen. **Características:** Alto volumen, baja-media intensidad. Enfoque técnico y aeróbico: Fuerza general y core, Recuperaciones completas entre series. Volumen semanal: 45–60 km | Desnivel bajo-medio. La fase de acumulación tiene como finalidad preparar al deportista para etapas posteriores de mayor exigencia, garantizando una adaptación progresiva al volumen de entrenamiento y consolidando las capacidades físicas básicas.

Tabla 1. *Contenidos y ejercicios del microciclo semanal – Fase de acumulación*

Día	Tipo de sesión	Contenidos y ejercicios	Volumen / Intensidad
Martes	Fuerza general + carrera	Fuerza (3–4 series): Sentadilla (12–15 rep, pausa 90 s); Zancadas (12 rep por pierna, pausa 90 s); Peso muerto rumano (12 rep, pausa 120 s); Plancha frontal (45 s, pausa 60 s). Carrera: Rodaje suave posterior.	6 - 8 km a intensidad baja
Miércoles	Rodaje aeróbico	Carrera continua en zona aeróbica baja, manteniendo ritmo conversacional y técnica relajada.	12 - 16 km
Jueves	Series aeróbicas	5 × 5 minutos a ritmo cómodo, con recuperación activa de 2 minutos en trote entre repeticiones.	Total: 12 - 14 km
Sábado	Tirada larga	Carrera continúa prolongada a ritmo constante, enfatizando la técnica en bajadas y el control postural.	18 - 25 km
Domingo	Recuperación activa	Carrera muy suave complementada con ejercicios de movilidad articular y estiramientos generales.	8 - 10 km

Fuente: Elaboración propia

Fase 2 - microciclo de transformación (Semanas 5 - 8 con entrenamiento de fuerza máxima, resistencia a la fuerza y resistencia). Objetivo de la fase: Convertir la base aeróbica en rendimiento específico de ultratrail: desnivel, fuerza específica y tolerancia a la fatiga. Dentro de sus principales características:

- Volumen medio-alto
- Intensidad media-alta
- Trabajo específico en cuestas
- Menos repeticiones, más intensidad
- Volumen semanal
- 60 - 80 km | Desnivel medio-alto

Tabla 2. *Contenidos y ejercicios del microciclo semanal – Fase de fuerza específica y Trail*

Día	Tipo de sesión	Contenidos y ejercicios	Volumen / Intensidad
Martes	Fuerza específica + trail	Fuerza (3 series): Step-up con carga (10 rep por pierna, pausa 120 s); Sentadilla búlgara (8 rep por pierna, pausa 120 s); Elevación de gemelos (15 rep, pausa 60 s); Plancha lateral (40 s, pausa 60 s). Carrera: Trail posterior.	8 - 10 km en terreno irregular
Miércoles	Rodaje progresivo	Carrera continua con incremento gradual de la intensidad, finalizando los últimos 5 km a ritmo medio.	14 - 18 km
Jueves	Trabajo de cuestas	8 × 3 minutos en subida a intensidad alta; recuperación mediante bajada caminando para control técnico.	Total: 14 - 16 km
Sábado	Tirada larga específica	Carrera continúa prolongada en terreno de montaña, con alto desnivel acumulado y práctica de estrategias de nutrición e hidratación.	25 - 35 km
Domingo	Rodaje regenerativo	Carrera muy suave orientada a la recuperación activa y reducción de la fatiga residual.	10 - 12 km

Fuente: Elaboración propia

Fase 3 - microciclo de realización (Semanas 9 - 12, trabajo de mantenimiento fuerza y resistencia). Objetivo de la fase: Maximizar el rendimiento, asimilar la carga y llegar al evento con frescura física y mental. Dentro de las principales características:

➤ Disminución progresiva del volumen

- Mantenimiento de intensidad
- Alta recuperación
- Semana 12 = descarga total
- Volumen semanal
- Semanas 9 - 10: 60 - 70 km
- Semana 11: 45 - 50 km
- Semana 12: 30 - 40 km

Tabla 3. *Contenidos y ejercicios del microciclo semanal - Fase de mantenimiento*

Día	Tipo de sesión	Contenidos y ejercicios	Volumen / Intensidad
Martes	Fuerza de mantenimiento + carrera	Fuerza (2 - 3 series): Sentadilla (8 rep, pausa 120 s); Step-up (8 rep por pierna, pausa 120 s); Trabajo de core (30 - 40 s). Carrera: posterior al trabajo de fuerza.	6 - 8 km a intensidad moderada
Miércoles	Rodaje controlado	Carrera continua a ritmo de carrera, enfocada en el control del esfuerzo y la eficiencia biomecánica.	12 - 14 km
Jueves	Activación	4 × 3 min a ritmo vivo; recuperación de 3 min entre repeticiones, priorizando la calidad del gesto técnico.	Total: 8 - 10 km
Sábado	Tirada larga reducida	Semana 9 - 10: carrera continua prolongada; Semana 11: reducción progresiva del volumen; Semana 12: descarga previa a la competencia.	30 - 35 km / 20 km / 12 km
Domingo	Recuperación total	Carrera muy suave o descanso completo, según estado de fatiga y sensaciones del atleta.	6 - 8 km o descanso

Fuente: Elaboración propia

Análisis e interpretación de los mesociclos propuestos

La planificación del entrenamiento se estructura en tres mesociclos claramente diferenciados acumulación, intensificación y mantenimiento/puesta a punto, los cuales responden a los principios de la periodización del entrenamiento deportivo y permiten una adaptación progresiva, segura y eficaz del organismo ante las cargas aplicadas.

Mesociclo I: Acumulación (Semanas 1 - 4)

El mesociclo de acumulación tiene como objetivo principal la construcción de una base sólida de resistencia aeróbica, fuerza general y adaptación musculoesquelética al volumen de entrenamiento. Durante esta fase predomina un alto volumen con intensidades bajas a moderadas, lo que favorece el desarrollo de capacidades aeróbicas fundamentales, mejora la eficiencia cardiovascular y prepara al atleta para cargas más exigentes en fases posteriores.

Desde el punto de vista metodológico, la inclusión de trabajos de fuerza general, core y técnica de carrera contribuye a la prevención de lesiones y a la corrección de desequilibrios musculares. La recuperación completa entre series permite una adecuada asimilación del estímulo, garantizando adaptaciones positivas sin generar fatiga excesiva. En conjunto, este mesociclo establece los cimientos físicos y técnicos necesarios para el rendimiento en pruebas de resistencia.

Mesociclo II: Intensificación (Semanas 5 - 8)

El mesociclo de intensificación se orienta al incremento del rendimiento específico, mediante el aumento progresivo de la intensidad y la introducción de estímulos más demandantes, como trabajos de cuestas, fuerza específica y tiradas largas con alto desnivel. En esta etapa, el volumen se mantiene controlado, pero la carga interna se eleva significativamente debido a la mayor exigencia neuromuscular y

metabólica. La combinación de fuerza específica y sesiones de trail permite mejorar la economía de carrera, la potencia muscular y la tolerancia al esfuerzo prolongado, aspectos clave en disciplinas de resistencia. Asimismo, las tiradas largas específicas cumplen una función estratégica al permitir la experimentación de estrategias nutricionales y de hidratación, fundamentales para el desempeño en competencia. Este mesociclo representa el núcleo del proceso de mejora del rendimiento.

Mesociclo III: Mantenimiento y puesta a punto (Semanas 9 - 12)

El mesociclo de mantenimiento y puesta a punto tiene como finalidad consolidar las adaptaciones alcanzadas y optimizar el estado de forma del atleta previo al evento competitivo. En esta fase se reduce progresivamente el volumen de entrenamiento, manteniendo estímulos de intensidad controlada que permiten preservar las capacidades físicas desarrolladas. La disminución gradual de las tiradas largas y la incorporación de sesiones de activación favorecen la supercompensación, reducen la fatiga acumulada y optimizan la respuesta fisiológica. Desde una perspectiva psicológica, este mesociclo también contribuye al aumento de la confianza y la disposición mental del deportista. En consecuencia, se logra un equilibrio adecuado entre recuperación y estímulo, maximizando el rendimiento en el momento clave.

El análisis integral de los tres mesociclos evidencia una planificación coherente, progresiva y alineada con los principios de individualización, sobrecarga y continuidad del entrenamiento. La estructura propuesta facilita una evolución sistemática del rendimiento, minimiza el riesgo de lesión y optimiza la

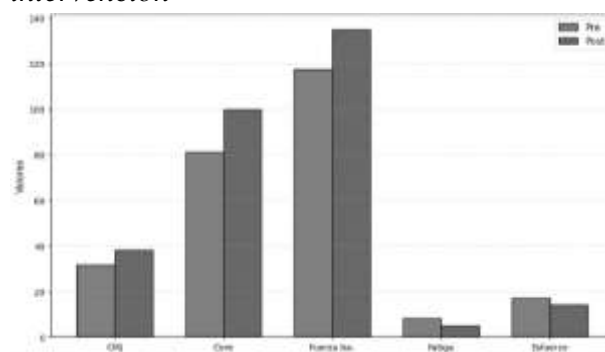
preparación física y mental del atleta. Por tanto, el modelo de periodización presentado resulta adecuado y efectivo para programas de entrenamiento orientados al desarrollo del rendimiento en deportes de resistencia. Los resultados obtenidos muestran que el plan de entrenamiento de fuerza produce mejoras claras y coherentes en las variables neuromusculares y perceptuales evaluadas, debido a que los valores posteriores a la intervención reflejan incrementos significativos en la fuerza del tren inferior y reducciones consistentes en los indicadores de fatiga y esfuerzo percibido, como se indica en la tabla 1.

Tabla 4. Resultados obtenidos en el pre y post intervención

Variable	Pre (Media ± DE)	Post (Media ± DE)
Salto con contramovimiento (cm)	31.67 ± 1.61	38.17 ± 1.95
Estabilidad del core (s)	81.33 ± 3.75	99.83 ± 4.51
Fuerza isométrica (kgf)	117.50 ± 4.42	134.83 ± 4.30
Fatiga percibida	8.17 ± 0.72	4.92 ± 0.67
Percepción del esfuerzo	17.17 ± 0.72	14.17 ± 0.72

Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Comparación de valores pre y post intervención

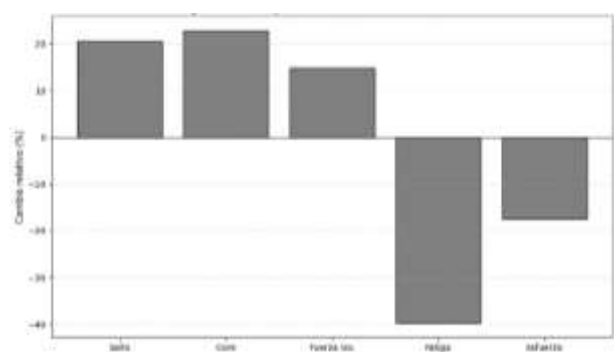


Además, estas tendencias se observan con precisión en la Figura 1, donde se evidencia que el CMJ aumenta de 31.67 ± 1.61 cm a 38.17 ± 1.95 cm, lo que representa un incremento sustancial en la capacidad de impulsión vertical. Asimismo, la fuerza isométrica evoluciona de 117.50 ± 4.42 kgf a 134.83 ± 4.30 kgf, mientras que la estabilidad del core se incrementa de

81.33 ± 3.75 s a 99.83 ± 4.51 s, por lo que el programa genera adaptaciones positivas en los componentes musculares responsables del soporte estructural durante la carrera en montaña.

Por otra parte, las variables asociadas con la percepción interna del esfuerzo muestran reducciones importantes, debido a que la fatiga disminuye de 8.17 ± 0.72 a 4.92 ± 0.67 y el RPE desciende de 17.17 ± 0.72 a 14.17 ± 0.72. Estas modificaciones se resumen de manera proporcional en la Figura 2, donde se observa que el CMJ aumenta cerca del veinte por ciento y el core mejora alrededor del veintitrés por ciento, mientras que la fatiga se reduce en aproximadamente un cuarenta por ciento y el RPE disminuye en más del diecisiete por ciento. En consecuencia, el conjunto de estos resultados confirma que el programa produce adaptaciones favorables tanto en el desempeño neuromuscular como en la percepción fisiológica del esfuerzo.

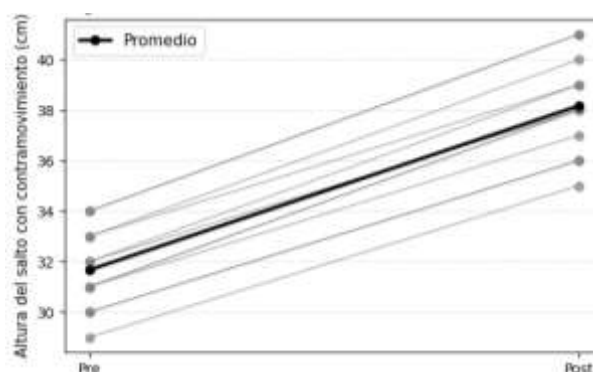
Figura 2. Porcentaje de cambio de las variables evaluadas



Asimismo, la Figura 3, demuestra que todos los participantes mejoran su salto vertical, debido a que cada línea individual presenta una trayectoria ascendente desde el momento inicial hacia el momento final. Además, la línea gruesa que representa la media del grupo confirma la consistencia de la tendencia colectiva, lo que

indica que el estímulo aplicado genera adaptaciones homogéneas. Esta observación coincide con los planteamientos de Denadai y Greco (2022), quienes destacan que la fuerza máxima mejora la eficiencia mecánica durante la carrera en ascensos y descensos prolongados. Del mismo modo, Laurin et al. (2019) explican que los programas estructurados de fuerza incrementan la estabilidad neuromuscular en poblaciones físicamente activas, por lo que los resultados observados respaldan la utilidad de este tipo de intervenciones en atletas de ultratrail.

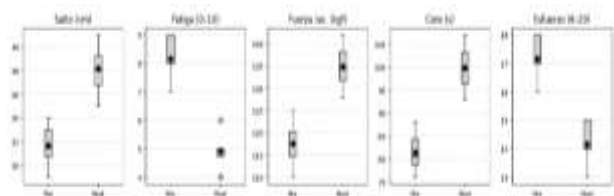
Figura 3. Evolución individual del CMJ pre y post intervención



Además, la Figura 4 analiza la variabilidad interna de los datos mediante diagramas de caja y permite observar que las dispersiones disminuyen en la mayoría de las variables después de la intervención. Esta reducción de la variabilidad interna sugiere que el programa no solo incrementa los niveles de rendimiento, sino que también contribuye a estabilizar las respuestas del grupo, lo que resulta fundamental en corredores que participan en competencias de larga duración, debido a que una menor variabilidad reduce la probabilidad de deterioro técnico en escenarios de fatiga extrema. Este efecto se relaciona con las observaciones de Hoffman (2016), quien señala que la inconsistencia neuromuscular incrementa el riesgo de lesión en corredores de ultradistancia,

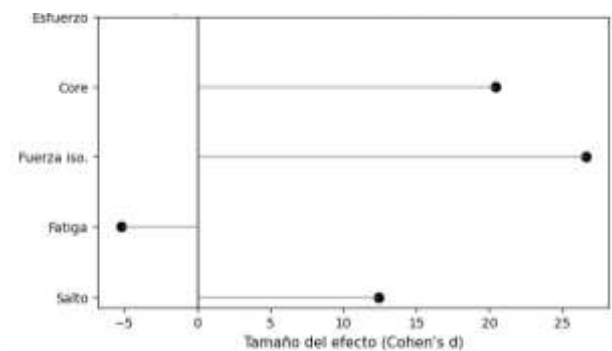
especialmente en descensos prolongados, y que una mayor fortaleza muscular mejora la amortiguación y la estabilidad articular.

Figura 4. Distribución de las variables pre y post



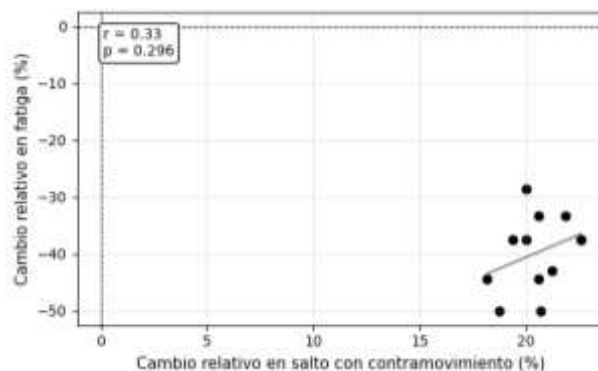
Por otro lado, la Figura 5, muestra que la magnitud de las mejoras presenta valores altos en CMJ, fuerza isométrica y estabilidad del core, lo que confirma la potencia del estímulo aplicado. Estos valores representan cambios relevantes, debido a que superan los umbrales tradicionales de intervención efectiva en ciencias del ejercicio. Asimismo, los tamaños del efecto de fatiga y RPE presentan valores negativos que reflejan una reducción en variables no deseadas, por lo que también se interpretan como mejoras. De igual manera, este comportamiento coincide con la literatura sobre adaptaciones fisiológicas en ultramaratonistas, debido a que Kupchak et al. (2014) documentan que programas de fuerza bien periodizados generan cambios positivos en la respuesta muscular y hormonal, lo que mejora la capacidad del atleta para enfrentar cargas prolongadas.

Figura 5. Tamaño del efecto (Cohen's d) por variable



Además, las correlaciones analizadas permiten explorar el vínculo entre las mejoras neuromusculares y los cambios perceptuales. La Figura 6A, muestra una relación moderada ($r = 0.33$; $p = .296$), debido a que los atletas que presentan mayores incrementos en el CMJ tienden a mostrar reducciones más amplias en la fatiga. Aunque la correlación no alcanza significancia estadística, su magnitud sugiere un vínculo funcional consistente con los planteamientos de Foulkes et al. (2023), quienes afirman que la mejora en la capacidad neuromuscular reduce la carga interna percibida durante esfuerzos prolongados. Por consiguiente, esta relación respalda la hipótesis de que un incremento en la eficiencia mecánica puede reducir la fatiga en ultratrail.

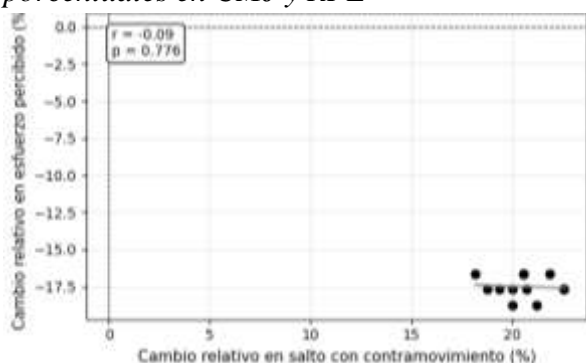
Figura 6ª. Relación entre cambios porcentuales en CMJ y fatiga



En contraste, la Figura 6B, evidencia una correlación débil y no significativa ($r = -0.09$; $p = .776$), debido a que la percepción subjetiva del esfuerzo responde a múltiples factores fisiológicos, cognitivos y ambientales que no dependen exclusivamente del desempeño neuromuscular. Esta ausencia de asociación coincide con estudios como el de Daniel et al. (2024), quienes explican que el sueño, el estado cognitivo y la acumulación de fatiga sistémica influyen de manera directa en el RPE, por lo que no resulta sorprendente que esta variable no

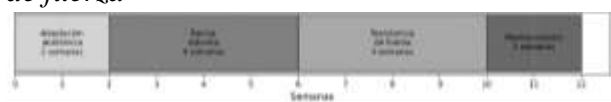
presente un vínculo estrecho con el CMJ en corredores de ultratrail.

Figura 6B. Relación entre cambios porcentuales en CMJ y RPE



Finalmente, la Figura 7, permite comprender la coherencia del diseño metodológico y explica por qué se generan las adaptaciones observadas. La fase inicial de adaptación anatómica favorece la preparación musculoesquelética y previene lesiones; la fase de fuerza máxima incrementa la rigidez musculotendinosa y mejora el reclutamiento neuromuscular; la fase de resistencia de fuerza optimiza la tolerancia excéntrica ante descensos repetidos; y la fase de mantenimiento consolida las adaptaciones logradas y favorece su transferencia al gesto técnico del trail. De igual manera, esta secuencia coincide con recomendaciones de autores como Chen et al. (2015) y van Venrooij et al. (2022), quienes destacan que los corredores de resistencia prolongada requieren una interacción sistemática entre fuerza, estabilidad y tolerancia fisiológica para sostener la eficiencia en terrenos inestables.

Figura 7. Periodización de 12 semanas del plan de fuerza



En conjunto, todos los análisis presentados demuestran que la intervención produce

adaptaciones significativas y coherentes con la evidencia contemporánea de las ciencias del ejercicio, debido a que mejora el rendimiento neuromuscular, reduce la fatiga, incrementa la estabilidad y disminuye la percepción del esfuerzo. Además, los hallazgos coinciden con la literatura disponible sobre rendimiento en el ultratrail, lo que confirma la pertinencia del programa de fuerza propuesto para corredores que enfrentan demandas extremas en entornos de montaña.

Conclusiones

A partir del análisis realizado, se establecen las siguientes conclusiones. 1) El plan de entrenamiento de fuerza aplicado durante doce semanas genera efectos positivos sobre las capacidades neuromusculares de los corredores de ultramaratón de trail running, debido a que favorece incrementos consistentes en la producción de fuerza y en la estabilidad corporal. 2) El programa fortalece la musculatura del tren inferior y optimiza el control del core, por lo que contribuye a una técnica más estable y eficiente en terrenos irregulares y a una mejor economía mecánica durante ascensos y descensos prolongados. 3) La intervención reduce de manera clara la fatiga percibida y disminuye la percepción subjetiva del esfuerzo, por lo tanto, incrementa la tolerancia fisiológica frente a esfuerzos prolongados característicos del ultratrail.

4) La estructura periodizada en fases de adaptación anatómica, fuerza máxima, resistencia de fuerza y mantenimiento resulta adecuada para los requerimientos de la disciplina, debido a que permite una progresión coherente y segura del estímulo aplicado. 5) El plan de fuerza constituye una propuesta metodológica sólida, aplicable y fundamentada, porque responde a las demandas biomecánicas y fisiológicas de los corredores de ultradistancia

y aporta una herramienta eficaz para su preparación especializada. 6) El diseño cuasi-experimental sin grupo control y el tamaño reducido de la muestra limitan la generalización de los hallazgos, por lo que investigaciones futuras deberían considerar grupos comparativos y muestras más amplias para fortalecer la validez externa. 7) La ausencia de un seguimiento posterior impide establecer la permanencia temporal de las adaptaciones logradas, por lo que estudios futuros deberían incorporar evaluaciones longitudinales que permitan analizar la sostenibilidad de los cambios observados.

Agradecimientos

El autor expresa su reconocimiento a las personas y entidades que contribuyeron de manera directa al desarrollo de esta investigación. Además, agradece a los corredores que participaron de forma voluntaria y responsable en las evaluaciones y en el programa de entrenamiento, ya que su compromiso permitió completar satisfactoriamente el proceso de intervención. Asimismo, se reconoce el apoyo de los especialistas en ciencias del ejercicio que ofrecieron retroalimentación técnica durante la construcción del diseño metodológico y aportaron criterios fundamentales para fortalecer la calidad científica del estudio. Del mismo modo, se agradece a la institución académica que facilitó los espacios y recursos necesarios para la realización de las mediciones y la supervisión del entrenamiento. Finalmente, se deja constancia de que el presente trabajo no recibió financiación externa y se desarrolló con recursos propios del autor.

Referencias Bibliográficas

Alcock, R. (2018). Estudio de caso: Proporcionar apoyo nutricional a un corredor de ultraresistencia en preparación para una

- ultramaratón multietapa autosuficiente: Provisión de energía racionada versus completa. *Wilderness & Environmental Medicine*, 29(4), 508–520. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2018.06.004>
- Armento, A. (2023). Diferencias en las características de entrenamiento y salud entre corredores de ultradistancia y corredores de distancias más cortas. *Wilderness & Environmental Medicine*, 34(2), 182–186. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2022.12.002>
- Benedetti, S. (2021). Cambios séricos en sTWEAK y su receptor depurador sCD163 en atletas de ultramaratón que corren la carrera de 24 horas. *Cytokine*, 137, 155315. <https://doi.org/10.1016/j.cyto.2020.155315>
- Chou, S. (2016). El impacto de ser portador crónico del virus de la hepatitis B en la función hepática durante una ultramaratón de 7 días. *Revista de la Asociación Médica China*, 79(4), 179–184. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2015.10.006>
- D'Andrea, A. (2023). Adaptaciones cardíacas fisiológicas y patológicas al ejercicio físico. En *Athlete's Heart* (pp. 15–50). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95221-7.00001-X>
- Daniel, N. (2024). Corredores de ultramaratón y equipos de apoyo: Influencia del sueño previo a la carrera y los perfiles de entrenamiento en el rendimiento en una carrera de montaña de 217 km. *Sleep Medicine*, 120, 85–89. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2024.06.005>
- Daniel, N. (2024). Patrones de sueño y estrategias de los corredores en la ultramaratón BR135 de Brasil. *Sleep Medicine*, 115, S260. <https://doi.org/10.1016/j.sleep.2023.11.714>
- Denadai, B. (2022). ¿Podría el rendimiento en carreras de media y larga distancia de atletas bien entrenados predecirse mejor mediante los mismos parámetros aeróbicos? *Current Research in Physiology*, 5, 265–269. <https://doi.org/10.1016/j.crphys.2022.06.006>
- Diermeier, T. (2018). Los resultados de un ultramaratón provocan una extrusión

- meniscal transitoria que supera los límites patológicos actuales. *Sports Orthopaedics and Traumatology*, 34(2), 169. <https://doi.org/10.1016/j.orthtr.2018.03.021>
- Easthope, C. (2014). Reproducibilidad del rendimiento y la fatiga en carreras de montaña. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 17(2), 207–211. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2013.03.009>
- Foulkes, S. (2023). Efecto del entrenamiento físico sobre la potencia aeróbica máxima después de un trasplante de corazón: una breve revisión. *Canadian Journal of Cardiology*, 39(11), S368–S374. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2023.07.017>
- Goodrum, M. (2025). Incidencia, gravedad y factores de riesgo de lesiones en corredoras de montaña: un estudio transversal retrospectivo. *Physical Therapy in Sport*, 71, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.11.004>
- Hernández, R. (2010). Metodología de la investigación. http://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigacion%20ta%20Edición.pdf
- Hoffman, M. (2016). Lesiones y consideraciones de salud en corredores de ultramaratón. *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics of North America*, 27(1), 203–216. <https://doi.org/10.1016/j.pmr.2015.08.004>
- Kupchak, B. (2014). El impacto de un ultramaratón en los parámetros hormonales y bioquímicos en hombres. *Wilderness & Environmental Medicine*, 25(3), 278–288. <https://doi.org/10.1016/j.wem.2014.03.013>
- Laurin, J. (2019). El ejercicio aeróbico a largo plazo preserva la masa y la función muscular con la edad. *Current Opinion in Physiology*, 10, 70–74. <https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.04.019>
- Li, L. (2017). El impacto de ser portador del virus de la hepatitis B en la troponina I cardíaca en corredores de ultramaratón de 100 km. *Revista de la Asociación Médica China*, 80(6), 347–352. <https://doi.org/10.1016/j.jcma.2017.03.002>
- Lima, F. (2024). Efecto agudo del ultramaratón sobre la función cardíaca sistólica y diastólica: revisión sistemática y metaanálisis. *International Journal of Cardiology*, 408, 132106. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2024.132106>
- Mauvieux, B. (2022). Estudio de la cinética de los determinantes del rendimiento durante un ultramaratón de montaña. *JMIR Research Protocols*, 11(6). <https://doi.org/10.2196/38027>
- Nemkov, T. (2023). Análisis multiómico del impacto de las carreras de larga distancia por senderos en los glóbulos rojos. *Blood*, 142, 1075. <https://doi.org/10.1182/blood-2023-187074>
- Rizzo, F. (2024). HealthyTrailsBR: Prevalencia de lesiones y calambres relacionados con la carrera en corredores de trail brasileños. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, 28(5), 101117. <https://doi.org/10.1016/j.bjpt.2024.101117>
- Soppelsa, D. (2025). Análisis de los factores que influyen en las lesiones y el rendimiento en las carreras de montaña. *Injury*, 56(12), 112798. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2025.112798>
- Tiller, N. (2024). Diferencias de sexo en el rendimiento en ultramaratones en carreras con un número comparable de hombres y mujeres. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 49(8), 1129–1136. <https://doi.org/10.1139/apnm-2024-0051>
- Van Venrooij, N. (2022). La asociación entre lesiones gastrointestinales, molestias e ingesta de alimentos en corredores de ultramaratón de 60 km. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 47(5), 547–554. <https://doi.org/10.1139/apnm-2021-0711>
- Ward, E. (2022). El ultramaratón del desarrollo de la terapia génica para enfermedades raras. *Clinical Therapeutics*, 44(8), 1038–1044. <https://doi.org/10.1016/j.clinthera.2022.07.003>
- Weir, Z. (2025). Lesiones autoinformadas en participantes de ultrarresistencia con énfasis en lesiones de rodilla. *Physical Therapy in*

Sport, 71, 78–84.
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2024.12.003>
Zapata, R. (2024). Lesiones y enfermedades musculoesqueléticas en equipos de trail running. *Apunts Sports Medicine*, 59(223), 100451.
<https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2024.100451>



Esta obra está bajo una licencia de **Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 Internacional**. Copyright © Rommel Antonio Riofrio Miranda y Leonor Mariana Duque-Fernández.

Declaraciones éticas y editoriales del artículo
Contribución de los autores (Taxonomía CRediT) Rommel Antonio Riofrio Miranda: Conceptualización de la investigación, diseño metodológico, desarrollo del proceso investigativo. Leonor Mariana Duque-Fernández: Análisis formal de los datos, redacción del borrador original del manuscrito.
Declaración de conflicto de intereses Los autores declaran que no existe conflicto de intereses en relación con la investigación presentada, la autoría del manuscrito ni la publicación del presente artículo.
Declaración de financiamiento La presente investigación no recibió financiamiento específico de agencias públicas, comerciales o de organizaciones sin fines de lucro. En caso de existir financiamiento institucional o externo, este deberá ser declarado explícitamente por los autores en esta sección.
Declaración del editor El editor responsable certifica que el proceso editorial del presente artículo se desarrolló conforme a los principios de integridad científica, transparencia y buenas prácticas editoriales. El manuscrito fue sometido a un proceso de evaluación mediante revisión por pares doble ciego, garantizando la confidencialidad de la identidad de los autores y revisores durante todo el proceso de dictamen académico. Asimismo, el editor declara que el artículo cumple con los criterios científicos, metodológicos y éticos establecidos por la revista.
Declaración de los revisores Los revisores externos que participaron en la evaluación del presente manuscrito declaran haber realizado el proceso de revisión de manera objetiva, independiente y confidencial. Asimismo, manifiestan que no mantienen conflictos de interés con los autores ni con la investigación evaluada, y que sus observaciones y recomendaciones se fundamentan exclusivamente en criterios científicos, metodológicos y académicos.
Declaración ética de la investigación Los autores declaran que la investigación se desarrolló respetando los principios éticos de la investigación científica, garantizando la confidencialidad de los datos y el respeto a los participantes del estudio. En los casos en que la investigación involucre seres humanos, los procedimientos deben ajustarse a los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki y a las normativas institucionales correspondientes.
Declaración sobre el uso de inteligencia artificial Los autores declaran que el uso de herramientas de inteligencia artificial, en caso de haberse utilizado durante el proceso de investigación o redacción del manuscrito, se realizó únicamente como apoyo técnico para mejorar la claridad del lenguaje o el análisis de información, manteniendo siempre la responsabilidad intelectual sobre el contenido del artículo. Las herramientas de inteligencia artificial no fueron utilizadas como autoras del manuscrito ni sustituyen la responsabilidad académica de los investigadores.
Disponibilidad de datos Los datos que respaldan los resultados de esta investigación estarán disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia, respetando las normas éticas y de confidencialidad establecidas por la investigación.

