

## Beneficios de la suplementación de cafeína en deportistas. Revisión.

### Benefits of Caffeine supplementation in athletes. Review

*José G. Pérez-Brandt<sup>a</sup>, José Alberto Ariza-Ortega<sup>b</sup>, Luis Delgado-Olivares<sup>c</sup>, Araceli Ortiz-Polo<sup>d</sup>*

---

#### Abstract:

Sports practice requires a greater nutritional demand for muscle function, but it is also required to favor the neurological response to achieve better performance, coordination, results, and decrease fatigue. An overexcitation of chemical compounds that stimulate the Central Nervous System can be achieved through ergogenic aids such as caffeine. Aim: To analyze the effectiveness of caffeine as an ergogenic aid in athletes for its competitive use, through research in scientific search engines. Methodology: Search for recently published scientific articles on clinical trials of caffeine supplementation in athletes, through specialized search engines using the "MeSH" tool. Results: The use of caffeine in sports generates a positive impact on performance, improving the strength and power of the athlete and with them better results in competition, delays the onset of fatigue and the recommended dose is 3-6 mg / kg / day. Conclusion: Caffeine as an ergogenic aid improves sports performance, caffeine abuse has negative effects on performance and can cause toxicity.

#### Keywords:

*Athletes, Benefits, Caffeine, Consumption, Sport, Dosage, Mechanisms, Supplementation*

---

#### Resumen:

La práctica deportiva exige mayor demanda nutricional para la función muscular pero también se requiere de favorecer la respuesta neurológica para lograr mejor rendimiento, coordinación, resultados y disminuir la fatiga. Una sobreexcitación de compuestos químicos que estimulan al Sistema Nervioso Central puede lograrse por medio de ayudas ergogénicas como la cafeína. Objetivo: Analizar la efectividad de la cafeína como ayuda ergogénica en deportistas para su uso competitivo, mediante la investigación en motores de búsqueda científicos. Metodología: Búsqueda de artículos científicos de publicación reciente, sobre ensayos clínicos de suplementación con cafeína en deportistas, por medio de motores de búsqueda especializados empleando la herramienta "MeSH". Resultados: El uso de cafeína en el deporte genera un impacto positivo en el rendimiento, mejorando la fuerza y potencia del atleta y con ello, mejores resultados en la competición, retrasa la aparición de fatiga y la dosificación recomendada es de 3-6 mg/kg/día. Conclusión: La cafeína como ayuda ergogénica mejora el rendimiento deportivo, el abuso de cafeína produce efectos negativos en el rendimiento y puede causar toxicidad.

#### Palabras Clave:

*Atletas, Beneficios, Cafeína, Consumo, Deporte, Dosis, Mecanismos, Suplementación*

---

<sup>a</sup> Autor de correspondencia: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-6246-1847>, Email: [pe370801@uaeh.edu.mx](mailto:pe370801@uaeh.edu.mx)

<sup>b</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <http://orcid.org/0000-0002-2163-4593>, Email: [jose\\_ariza@uaeh.edu.mx](mailto:jose_ariza@uaeh.edu.mx)

<sup>c</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <http://orcid.org/0000-0002-3506-8393>, Email: [ldelgado@uaeh.edu.mx](mailto:ldelgado@uaeh.edu.mx)

<sup>d</sup> Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, <https://orcid.org/0000-0001-5561-2221>, Email: [araceli\\_ortiz4208@uaeh.edu.mx](mailto:araceli_ortiz4208@uaeh.edu.mx)

## Introducción

Cada deportista es diferente y como tal, cada uno tiene diferentes requerimientos de energía y nutrientes, dependiendo de múltiples factores como el tamaño corporal, la disciplina deportiva, la carga de entrenamientos, el número de entrenamientos al día<sup>1</sup>. Los requerimientos nutrimentales y energéticos en un deportista fueron cambiando drásticamente al pasar los años, debido a las exigencias en el ámbito deportivo, teniendo que entrenar en promedio entre 4 a 8 horas por día, exigiendo una demanda energética alta<sup>2</sup>, por dicha razón, tanto deportistas como entrenadores optan por la utilización de ayudas ergogénicas; una ayuda ergogénica popular en los últimos tiempos es la cafeína que es mayormente consumida en forma de café, pero también en numerosos alimentos, medicamentos y bebidas. La cafeína es psicoactiva en dosis que se encuentran en porciones individuales de muchas bebidas<sup>3</sup>, las barras y los geles con 100 mg de cafeína mejoran la función cognitiva, el tiempo de ejecución de acciones, el agotamiento y el rendimiento de la prueba contrarreloj<sup>4</sup>. Daly<sup>2</sup> menciona que la cafeína es el principal estimulante del comportamiento en el café, siendo aislado en el año de 1820, a finales del siglo se dio a conocer su estructura correcta metilxantina, pero fue hasta 1981 donde se reconoció claramente que la cafeína y varios análogos se correlacionan con el bloqueo de los receptores de adenosina (A). La cafeína se conoce como una ayuda ergogénica nutricional en los círculos de la medicina y nutrición deportiva, aunque esta no tiene ningún valor nutricional<sup>5</sup>.

Los efectos son más lentos cuando se consume en forma de comida o bebida y es más rápido cuando se proporciona en forma de gomas de mascar, teniendo una vida media en el organismo de 3 a 5 horas<sup>3</sup>. En el año 2008; la cafeína es considerada una droga psicoactiva<sup>6</sup>, siendo la más consumida en el mundo, en USA aproximadamente el 90% de la población (incluyendo niños), son consumidores, según datos del consumo de cafeína en el 2020 por la Statista Consumer Market Outlook, en USA se consume en promedio 3.5 kg de café por persona/año<sup>7</sup>.

## Objetivo

El objetivo de la presente revisión fue analizar la efectividad de la cafeína como ayuda ergogénica en deportistas para su uso competitivo, mediante la investigación en motores de búsqueda científicos como PubMed, School google, Nutrients, entre otros.

## Metodología

Se realizó una revisión sistemática en el motor de búsqueda científico "PUBMED", utilizando funciones

avanzadas para realizar búsqueda con terminología "MeSH", obteniendo así el cuadro de búsqueda: ((BENEFITS) OR (BENEFIT)) OR (PROFIT)) OR (ADVANTAGE)) OR (GAIN)) OR (INTEREST)) OR (REVENUE)) OR (BONUS)) OR (BENEFICE)) OR (PROCEEDS)) OR (BLESSING)) OR (LIVING)) AND (CONSUMPTION)) AND (CAFFEINE)) AND (ATHLETES)) OR (SPORTSMAN)) OR (SPORTSWOMAN), obteniendo un total de 648 artículos disponibles, posteriormente se realizó un filtrado en el cual se tomaría solamente artículos del año 2015 a 2021, así como solo artículos de ensayo clínico y ensayo clínico aleatorizado, obteniendo finalmente un total de 28 artículos, de los cuales 12 artículos fueron excluidos tras leer su resumen debido a que no contaban con los criterios de inclusión, así como combinación con algún otro suplemento, no eran personas entrenadas, o presentaban cirugías, posteriormente, se recopilaron artículos investigados de forma manual con los motores de búsqueda: pubmed, school google, nutrients, Journal of Sports Science and Medicine.

## Resultados y Discusión

### *Mecanismos de acción*

Los mecanismos de acción de la cafeína son diversos los cuales se investigan en roedores o in vitro. Se sabe que existe un retraso entre 20 y 30 minutos en el proceso digestivo antes de que cantidades significativas de cafeína salgan del intestino y lleguen a la sangre para posteriormente, afectar al Sistema Nervioso Central (SNC), al parecer, la cafeína puede atravesar las membranas de todos los tejidos del cuerpo, lo que hace imposible la investigación pura de los mecanismos del ser humano en el ejercicio físico, debido a que ingresa tanto a SNC como al músculo esquelético, siendo imposible separar los efectos centrales de los periféricos, al igual que la interacción con los receptores de A.

La A es una molécula de señalización extracelular endógena, su concentración aumenta durante el ejercicio, esto debido a la hidrólisis del trifosfato de adenosina (ATP). La A inhibe la liberación de receptores en el SNC, como A1, A2A, A2B y A3, cada uno con una distribución tisular y un perfil farmacológico único. Afecta la homeostasis de la glucosa y el metabolismo de los lípidos, la función del SNC y las respuestas cardiovasculares y respiratorias<sup>5,8,9,10</sup>.

La ingestión de dosis bajas a moderadas de cafeína, bloquea los receptores de A: A1 y A2A ambos se expresan en el cerebro, en el hipocampo, corteza, cerebelo y se conoce que en el hipotálamo hay niveles elevados de A1, mientras que el receptor A2A está presente en regiones como el estriado. Al bloquear los

receptores A2A en el cuerpo estriado, la cafeína antagoniza los efectos de la A y promueve indirectamente los efectos de la cafeína. La dieta o la genética suelen afectar la sensibilidad de los receptores de A, y afectar la respuesta de un individuo a una dosis determinada de cafeína<sup>3,8,10</sup>.

Existen algunas evidencias de que los efectos podrían estar relacionados con la liberación de calcio del retículo sarcoplásmico y la inhibición de su recaptación, que posteriormente aumenta el óxido nítrico a través de la activación del endotelio, teniendo relación con cambios en la función neuromuscular y aumento de la fuerza contráctil en los músculos esqueléticos<sup>3,6,9</sup>.

Se conocen dosificaciones de cafeína que elevan la concentración plasmática a niveles que bloquean los receptores de A y ejercen efectos sobre el SNC, a tal grado que impactan en la función cognitiva, como la física, sin embargo, puede haber tolerancia y dependencia a la cafeína<sup>3,9,11</sup>. La cafeína tarda aproximadamente 30-60 minutos en dar concentraciones plasmáticas altas, aunque ésta se cataboliza lentamente, teniendo una vida de 4 a 6 horas<sup>12</sup>.

La cafeína, antagoniza los receptores A1 de los adipocitos y esto mejora la lipólisis, pudiendo complementarse con una mayor actividad simpática que da como resultado la estimulación de los receptores  $\beta$ -adrenérgicos. El aumento de la actividad simpática inducida por la cafeína aumenta los niveles circulantes de la adrenalina. La cafeína provoca un aumento en los niveles de ácidos grasos libres (AGL). Es por ello que la cafeína reduce el uso de glucógeno muscular durante el ejercicio prolongado, retrasando el agotamiento y mejorando el rendimiento<sup>3,5,9,11</sup>.

### Fatiga

La fatiga implica la pérdida de la homeostasis de electrolitos, esto genera una supresión del potencial de membrana en estado de reposo, provocada por una pérdida de potasio o por una reducción de la liberación de calcio del retículo sarcoplásmico, cualquiera de estas acciones da como resultado una menor producción de fuerza por unidad motora. Está claro que los iones de potasio se pierden del músculo con cada despolarización y que los niveles plasmáticos de potasio aumentan posteriormente, esto podría resultar en un potencial de membrana en reposo reducido; cuando se ingiere cafeína, produce una disminución del potasio plasmático durante el ejercicio. Esto se podría deberse a una menor eliminación de potasio en el músculo activo o un aclaramiento plasmático más rápido. El incremento de

adrenalina estimula la ATPasa de sodio/potasio de los músculos en reposo para absorber más potasio, la cafeína estimula directamente la captación de potasio de los músculos en reposo reduciendo la fatiga<sup>3,6,9</sup>.

### Dosis

En los estudios analizados, se encontró que las dosis de cafeína empleada se encuentran en un rango de 4-6 mg/kg/día como se muestra en la tabla 1. Pocos estudios fueron los que optaron por una suplementación con mayor dosificación y se hace mención que no es saludable y que no tiene ningún beneficio deportivo, por ello se recomienda la suplementación de poco a mucho, pues si el atleta no tiene un consumo habitual de cafeína, es posible que con poca cantidad cause una alteración, en cambio, si el atleta es consumidor habitual de cafeína, un rango de 3-6 mg/kg/día es beneficioso para la actividad deportiva que se realice. En contraste, la Food and Drug Administration (FDA)<sup>13</sup>, menciona que 400 miligramos de cafeína al día son suficientes, para evitar efectos negativos.

Tabla 1. Diferenciación de dosis de cafeína por autor para los protocolos de investigación en deporte.

Autor	Dosis
Rezaei et al. (2019) <sup>23</sup>	6 g/kg/día
Gonzaga et al. (2019) <sup>33</sup>	300 mg/día
Shabir et al. (2019) <sup>37</sup>	3 mg/kg/día
Durkalec-Michalski et al. (2019) <sup>25</sup>	6-9 mg/kg/día
Oskarsson et al. (2018) <sup>36</sup>	4.3-5.6 mg/kg/día
Marques et al. (2018) <sup>31</sup>	5.5 mg/kg/día
Devenney et al. (2018) <sup>32</sup>	200 mg/día
Silveira et al. (2018) <sup>24</sup>	3 mg/kg/día
Beaumont et al. (2017) <sup>22</sup>	3-6 mg/kg/día
Silveria, et al. (2016) <sup>39</sup>	5 mg/kg/día
Glaister et al. (2016) <sup>26</sup>	5 mg/kg/día
Diaz-Lara et al. (2016) <sup>15,18,27</sup>	3 mg/kg/día
Smirmaul et al. (2016) <sup>30</sup>	49-233 mg/día

Boyett et al. (2016) <sup>35</sup>	6 mg/kg/día
Beaumont et al. (2016) <sup>34</sup>	7 días: 1.5 mg/kg/día 8-28 días: 3 mg/kg/día
Glaister et al. (2015) <sup>16</sup>	200 mg/día
Lopes-Silva. (2015) <sup>20</sup>	5 mg/kg 200 mg de agua
Santos et al. (2014) <sup>21</sup>	5 mg/kg/día
Aedma et al. (2013) <sup>28</sup>	5 mg/kg/día

Todos los estudios fueron en deportistas, suplementar esas dosis para otros tipos de actividad requiere investigación para evitar efectos negativos y nocivos que podrían desatarse tras la suplementación de cafeína.

#### *Efectos positivos en deporte*

##### *Fuerza y potencia:*

La fuerza muscular es una cualidad física donde se utilizan diferentes habilidades físicas y mentales, involucrando para su ejecución componentes óseos y musculares, al igual que el sistema nervioso (prepara las estructuras encargadas de participar en la ejecución del acto motor)<sup>14</sup>. De acuerdo con Diaz-Lara<sup>15</sup>, encontraron que la suplementación con cafeína, da mayor fuerza antes y después de una simulación en Jiu-jitsu, habiendo un aumento significativo en la potencia de press de banca al igual que una mayor altura de salto. De igual forma, mejoró en la prueba de resistencia de fuerza específica (levantamiento estático), así como, hubo mejora en el 1RM (Repetición máxima) y en la carga de potencia en press de banca, observándose un aumento del 2,4%. En cuanto a repeticiones al fallo, hubo mayor número de repeticiones en los suplementados con cafeína a diferencia de placebo, al igual que los atletas experimentaron tasas de sensación de potencia muscular. Cabe señalar que el incremento en la producción de potencia no fue acompañado por un cambio en la cadencia, lo que sugiere que el efecto se debió a un aumento en la producción de fuerza más que a un aumento en la frecuencia de cada golpe de pedal<sup>16</sup>.

##### *Rendimiento*

Cuando se realiza una actividad deportiva que tiene una duración mayor a 6 horas se considera deporte de resistencia o rendimiento, en donde sus principales limitantes son el agotamiento de glucógeno, el desequilibrio hídrico y electrolítico así como efectos cardiovasculares<sup>17</sup>. Diaz-Lara et al<sup>18</sup> sugieren que la

cafeína podría aumentar la intensidad de los atletas durante los combates y por lo tanto, una mayor concentración de lactato en sangre, como consecuencia directa del aumento del metabolismo anaeróbico glucolítico. Al realizar deporte, se producen mayores rupturas de miofibrillas musculares sobre todo si se lleva de forma intensa provocando daño muscular, este daño produce fatiga, la cual limita el rendimiento, disminuye la fuerza, el pico de potencia y/o la velocidad, siendo la fatiga muscular dependiente de la intensidad del esfuerzo y tipo de ejercicio<sup>10,19</sup>. En el estudio de Lopes-Silva, et al<sup>20</sup>, se trabajó con 10 atletas de Taekwondo, activos y cinturón negro, fueron suplementados con 5 mg/kg/día de cafeína, reportaron que los atletas mostraron mayor fuerza (60%) en comparación con el grupo placebo, la cafeína favorece la utilización de energía por vía glucolítica. Algo similar mostró el estudio de Santos et al<sup>21</sup>, corroborando que el nivel más alto de lactato en plasma en el primer combate, sugiere una activación más intensa del sistema anaeróbico glucolítico en suplementados con cafeína. Glaister et al<sup>9</sup>, en su estudio, demostraron que se tuvo un efecto positivo sobre el lactato sanguíneo, lo que sugiere que el aumento fue inducido por la cafeína, y se observó que el rendimiento de la prueba contrarreloj se debió a una mayor contribución del metabolismo anaeróbico. Quedó demostrado que la cafeína no interfiere con el ritmo cardiaco, manteniendo una media igual de 70 latidos por minuto. Por otro lado, no hubo un efecto sobre los índices de reactivación parasimpática post-ejercicio después del combate.

Beaumont y James<sup>22</sup>, observaron que la hipertermia resultante de la actividad muscular y el incremento de temperatura cerebral reducen el impulso central, lo que ocasiona no poder continuar con el ejercicio, siendo más notoria la fatiga, por ello, realizaron una suplementación moderada de 3-6 mg/kg/día de cafeína para reducir ese impacto. Lo que encontraron fue un incremento mayor en la tasa de sudoración con la cafeína sin efectos adversos, se observó también, un pequeño aumento en el trabajo total en el grupo que utilizó cafeína, haciendo notar un mayor rendimiento; el grupo que fue suplementado con 6 mg/kg/día de cafeína, tuvo una mejora constante en el rendimiento, para el grupo con la suplementación de más de 9 mg/kg/día no se observó efectos mayores de termogénesis, este estudio también mostró, que la temperatura ambiental se refleja en el rendimiento, a temperaturas superiores a 40°C se reducen los efectos de la suplementación, por ello se establece que en condiciones de 12°C a 33°C ambientales se logran mejores resultados en el rendimiento.

Rezaei et al<sup>23</sup>, realizaron un estudio con karatekas, en donde 8 de ellos estuvieron bajo la suplementación de cafeína (6g/kg/día), la cual se ingería 50 minutos antes del entreno, esto porque los picos de cafeína en sangre son superiores entre los 30-60 min después de la ingestión y observaron que hubo un mayor rendimiento el ksat (duración de los golpes y patadas sostenidos de alta intensidad), postulando que la suplementación con cafeína retrasa el dolor y la fatiga del sistema nervioso central, ya que hubo resultados positivos en la mejora en el TTE (Time to exhaustion), pero no hubo diferencia en RPE (Rango de esfuerzo percibido) contra el placebo. Sin embargo, la cafeína ayuda a acciones más prolongadas de alta intensidad, esto por afectar al SNCI, lo que fue positivo en el rendimiento del karateka.

Por otro lado, Silveria et al<sup>39</sup> hicieron un estudio en 9 hombres, en pruebas de ciclismo, el rendimiento se midió al pedalear entre 70 y 80 revoluciones por minuto, en donde una baja de intensidad a menos de 50 por 5 segundos, es considerado agotamiento. Por ello se les suplemento con 5 mg/kg/día de cafeína. El grupo con cafeína logró ahorro de un 33% de tiempo hasta que ocurrió el momento supramáximo de pedaleo que duró 180 segundos, demostrando mayor trabajo por encima de la capacidad pulmonar gracias a la cafeína. Se observó también que se alcanzó el mismo RPE en el momento del agotamiento a pesar de que se ejercitaban por más tiempo, esto hace pensar que la cafeína atenúa la percepción consciente de malestar causado por la gran alteración cardiopulmonar durante un ejercicio de intensidad severa. Estos autores sugirieron que la suplementación puede usarse en rutinas de entrenamiento que tiene como objetivo la reducción de masa corporal.

Durkalec-Michalski et al<sup>25</sup> en su estudio de pruebas de lanzamiento se administraron 3 dosis diferentes (3,6,9 mg/kg/día) de cafeína, esto para ver el comportamiento y utilización de dopaje. Demostraron que las dosis de 6 y 9 mg de cafeína mejoran los resultados, la dosis de 9 mg es más efectiva en actividades de combate. Por lo tanto, 6 mg como 9 mg tuvieron mejora en el rendimiento y combate, aun así, no se recomienda utilizar más de 9 mg porque las altas dosis pueden sobreestimular al SNC.

Diaz-Lara et al<sup>27</sup> hicieron un estudio en atletas de Jiu-Jitsu, todos siendo de élite; mostraron que la suplementación con cafeína ayudó a que realizaran acciones ofensivas de alta intensidad (duración y bloqueo), también hubo mayor fuerza de agarre antes de la competencia y una mayor tasa de esfuerzo percibido, por ello, hubo mayor duración y número de acciones ofensivas que fueron realizadas a alta intensidad en dos

combates simulados. De igual manera, mejoró el rendimiento en pruebas físicas, y se observó, una mayor concentración de testosterona (12%) lo que impulsaba a tomar comportamientos de riesgo y agresividad. Otro estudio similar, de Aedma et al<sup>21</sup> en atletas de la misma disciplina, quienes mantenían un consumo de cafeína frecuente (alimentos altos en cafeína), demostraron que la ingestión moderada de cafeína no mejoró el pico de potencia (PP) o la potencia media (PM), por lo que se muestra que existe una adaptación a la cafeína. Sin embargo, en otro estudio de Diaz-Lara et al<sup>13</sup> demostró que la mano dominante de los participantes tuvo mejora en el consumo de cafeína, también tuvieron un salto más alto (3,7%) y mejoraron la velocidad de potencia (2,2%).

Silveira et al<sup>24</sup> realizaron un estudio en profesionales de boxeo, en donde demuestran que la suplementación con cafeína no afectó la carga interna, pero sí cambios significativos en el bloqueo, el cual está asociado con el esfuerzo a alta intensidad, los cuales fueron más largos en la primera y segunda ronda (hasta un 68%) a diferencia del placebo y durante todo el combate de un 47% más. Sin embargo, la suplementación con 6 mg/kg/día de cafeína, pareció afectar algunos movimientos de los boxeadores, afectando los bloqueos hasta 14%, lo notorio fue que no afectó la RPE o FC, lo cual podría indicar un éxito competitivo.

Por otro lado, un estudio en deportistas de Taekwondo realizado por Santos et al<sup>29</sup>, encontraron que la suplementación con 5 mg/kg ayudó en el tiempo necesario para responder a un estímulo visual antes del primer combate, siendo más rápido, al igual que el tiempo de patada, habiendo un retraso de fatiga. Pero, los tiempos de reacción desaparecieron después del primer y segundo combate, ya que pudo deberse a estar relacionadas con el aumento de los niveles de adenosina durante el ejercicio.

En un estudio realizado en varones en condiciones de hipoxia moderada, Smirmaul et al<sup>16</sup>, demostraron los efectos de la cafeína sobre el rendimiento durante el ejercicio en ciclistas de alta intensidad a una altitud de 2500 msnm; donde se observó que la cafeína redujo la percepción del esfuerzo y el dolor, mejoró el rendimiento a pesar de no tener efecto sobre la fatiga neuromuscular contra el placebo. Los autores sugieren que el rendimiento en condiciones de hipoxia es debido a la reducción en la percepción del esfuerzo inducida por la cafeína y se considera uno de los principales mecanismos a través de los cuales la cafeína mejora el rendimiento de resistencia en la normoxia, aunque se mostró un aumento de la FC, pero no hubo efectos sobre la acumulación de lactato.

En pruebas de resistencia como el maratón, Marques et al<sup>17</sup> usaron bebidas de café comercial (con aprox 3.4g de cafeína/100 mg), para este estudio, no consumieron nada de cafeína en 48 horas antes del ensayo. En primer lugar, encontraron que hubo una mejora en el rendimiento de contrarreloj, y como segundo hallazgo, demuestra que el café es rico en teofilina, la cual podría tener acciones similares a la cafeína, ya que inhibe los receptores de A y aumenta la oxidación de carbohidratos durante el ejercicio.

Sin embargo, en el estudio realizado por Devenney et al<sup>32</sup>, en hombres entrenados de forma recreativa, se demostró que la adición de cafeína tuvo un efecto notorio en las carreras a distancia, hasta llegar a la fatiga, por lo que lo que la cafeína ejerce un efecto moderado en el rendimiento de carrera de alta intensidad.

En los pocos estudios reportados en atletas mujeres Glaister et al<sup>16</sup>, demostraron que el efecto de la suplementación con cafeína en el rendimiento de contrarreloj tuvo un efecto positivo en ejercicios de resistencia.

De igual forma, Gonzaga et al<sup>33</sup>, encontraron efectos positivos de la cafeína en los VFC (Índices de variabilidad de frecuencia cardiaca), durante la recuperación del ejercicio, estos fueron más intensos en sujetos con un Vo2max alto, en cuanto al grupo menor pico de Vo2max, presentaron una reactivación más lenta de la actividad parasimpática en el protocolo de cafeína, lo que significó que la cafeína retrasa la activación vagal en individuos con menor capacidad cardio respiratoria, lo que puede acreditarse a su menor acondicionamiento físico, del mismo modo, la ingesta antes del ejercicio pudo ralentizar la recuperación de la VFC después de un ejercicio aeróbico moderado (60% del VO2 pico) en una cinta para correr, de modo que la cafeína retrasó la recuperación autónoma del ejercicio aeróbico moderado en hombres con menor capacidad respiratoria

Tabla 2. Beneficios de la Suplementación con cafeína en deportistas

Autor(es) (año)	Muestra	Dosis	Test	Resultado
Durkalec-Michalski et al. (2019) <sup>25</sup>	22 Hombres Judoistas Edad:21.7+-3.7	6-9 mg/kg/día	Antropometría Protocolo de estudio Test de ejercicio Actividad de combate	Aumentó la actividad de combate Mejora del rendimiento Dosis altas sobreestiman el SNC
Gonzaga et al. (2019) <sup>33</sup>	38 Hombres Físicamente activos	300 mg/día	Variabilidad de Frecuencia cardiaca (VFC) Vo2max Pruebas físicas	La ingesta puede retrasar la recuperación de la VFC después de la actividad física aeróbica moderada (60%Vo2max) Retrasa la recuperación autónoma del ejercicio aeróbico
Rezaei et al. (2019) <sup>23</sup>	8 Hombres Karatecas Edad: 20.5+-2.4	6 g/kg/día	Antropometría Test específico de karate aerobico Control dietético Lactato en sangre Ritmo cardiaco Cuestionario gastrointestinal	Mayor resistencia en test de combate Aumenta el tiempo de agotamiento
Shabir et al. (2019) <sup>37</sup>	8 Hombres Futbolistas Edad: 22+-5	3 mg/kg/día	Antropometría Vo2max Tiempo de reacción dinámica Escala del estado de ánimo Cuestionario de expectativas de cafeína	Modulación de beneficios de rendimiento Combinado con el factor psicológico hubo mejor respuesta ergogénica
Silveira et al. (2018) <sup>24</sup>	10 hombres Boxeadores Edad: 25.9+-5.2	3 mg/kg/día	Ritmo cardiaco Tiempo de movimiento Ritmo cardiaco Calificación de esfuerzo percibido	Permite periodos de alta intensidad más largos (Mayor potencia) Aumentó la duración de combate de alta intensidad

Devenney et al. (2018) <sup>32</sup>	8 hombres Entrenados de forma recreativa	200 mg/kg	Protocolo HIT Vo2max Relación de intercambio respiratorio (RER) Velocidad de carrera	Efecto profundo en la distancia de carrera con diferencia significativa hasta la fatiga Ejerce un efecto moderado en el rendimiento de carrera de alta intensidad
Marques et al. (2018) <sup>31</sup>	12 Hombres Maratonistas	5.5 mg/kg/día	Pruebas contrarreloj Temperature 21.28+-0.49°C	Mejó el rendimiento en la prueba contrarreloj
Beaumont et al. (2017) <sup>22</sup>	8 Hombres Actividad recreativa Edad: 22+-1	3-6 mg/kg/día	Vo2max Muestras de sangre Pruebas físicas (60 min) Frecuencia cardiaca Calificación de esfuerzo percibido Temperatura	Mejoran el rendimiento en condiciones templadas en 30 min o más Mayor tasa de sudoración Temperatura cercanas a los 40°C reduce efectos de cafeína Mayor rendimiento
Beaumont et al. (2016) <sup>34</sup>	18 Hombres Recreativos Edad: 21+-2	7 días: 1,5 mg/kg/día 8-28 días: 3 mg/kg/día	Antropometría Concentración de glucosa	Influencia en concentraciones circulantes de cortisol y prolactina Dosis baja genera tolerancia al efecto ergogénico
Boyett et al. (2016) <sup>35</sup>	20 Hombres Recreativos Edad: 18-44	6 mg/kg/día	Prueba de aptitud cardiovascular Diseño experimental Ensayo de rendimiento Control dietético y de ejercicio	Mejó el rendimiento de aptitud en 3 km más por la mañana Suplemento adecuado para usar durante la competencia matutina
Silveria et al. (2016) <sup>39</sup>	9 Hombres Ciclistas Edad: 26.6 +-5.3	5 mg/kg/día	Antropometría Glucosa en sangre Cuestionario de actividad física Prueba incremental Vo2max Frecuencia cardiaca Duración de potencia Test experimental	Mayor contribución aeróbica (mayor resistencia) Se logra mayor intensidad severa junto con mayor tiempo hasta el agotamiento (33%) Se logra mayor tolerancia al ejercicio a alta intensidad

Glaister et al. (2016) <sup>5</sup>	16 Hombres Ciclistas y triatletas Edad: 38+-8	225+-135 mg/día	Lactato en sangre Ritmo cardiaco Calificación de esfuerzo percibido Consumo de oxígeno Relación de intercambio respiratorio Ventilación Frecuencia respiratoria	Efecto significativo en el lactato Aumentó significativamente el Vo2max
Diaz-Lara et al. (2016) <sup>15</sup>	14 Hombres Edad:29.2+-3.3 Competidores elite Jiu-Jitsu	3 mg/kg/día	Prueba de agarre Antropometría ISAK Prueba 1RM Producción de fuerza máxima de empuñadura Salto con contramovimiento Repetición de press de banca hasta el fracaso/fallo	Mejóro el agarre en mano dominante y no dominante Se logró maayor altura de salto Se aumentó la velocidad de potencia máxima Mejora en el 1RM de press de banca Mayor número de repeticiones en press de banca (Resistencia y fuerza)
Diaz-Lara et al. (2016) <sup>18</sup>	14 Hombres Atletas elite Jiu-Jitsu Edad: 29.2+-3.3	3 mg/kg/día	Carga de potencia en press de banca Potencia muscular máxima Protocolo de dieta Simulación de combate	Sin diferencia significativa en concentración de lactato Mayor fuerza de agarre antes de competencia Mayor tasa de esfuerzo percibido Mayor duración y número de acciones ofensivas de alta intensidad Mayor rendimiento en pruebas físicas
Smirmaul et al. (2016) <sup>30</sup>	7 hombres Ciclistas	49-233 mg/día	Protocolo de hypoxia Vo2max Prueba a 2500 m de altitud Prueba de contrarreloj	Redujo la percepción del esfuerzo y el dolor Mejoro el rendimiento durante la tarea de ejercicio
Glaister et al. (2015) <sup>16</sup>	14 mujeres Ciclistas y triatletas	200 mg/día	Pruebas contrarreloj Lactato en sangre	Efecto positivo en las pruebas de rendimiento contrarreloj

				No hubo efecto en la producción de potencia Efecto positivo sobre el lactato sanguíneo, habiendo mayor actividad del metabolismo anaeróbico
Lopes-Silva et al. (2015) <sup>20</sup>	10 Hombres Atletas de Taekwondo Edad: 21+-4	5 mg/kg/día En 200 mg de agua	Recordatorio de 24 horas Simulador de combate de Taekwondo Test de respuestas físicas y psicológicas Contribución estimada de sistema energético Recuperación de ritmo cardiaco	Mayo energía glucolítica Sensación de taquicardia, ansiedad, nerviosismo Mayor vigor (aumentó la actividad 60%)
Santos et al. (2014) <sup>21</sup>	10 hombres Taekwondo	5 mg/kg/día	Electrocardiograma Tiempo de reacción Simulador de combate de Taekwondo Análisis de vídeo	Tiempo de reacción fue más rápido y tiempo de patada fue más lento Menor número de descanso (retraso de fatiga) Mayor activación del sistema anaeróbico glucolítico
Aedma et al. (2013) <sup>28</sup>	14 Hombres Jiu-jitsu y luchadores de sumisión Edad:25.3+-4.9	5 mg/kg/día	Prueba de rendimiento de sprint Simulación de competición Concentración de lactato en sangre Ritmo cardiaco Evaluación del estado de nutrición	No tuvo impacto en el estado de hidratación Inhibió la eliminación de lactato en sangre durante la recuperación Recuperación alterada entre series consecutivas de ejercicios de arranque a alta intensidad

En contraste Beaumont et al<sup>34</sup> realizaron un estudio utilizando dosis bajas de cafeína, los primeros 7 días se suplemento con 1.5 mg/kg/día posteriormente los días 8 a 28 con 3 mg/kg/día, dando como resultado que una dosis baja, desarrolla tolerancia al efecto ergogénico en lugar de una dosis aguda de cafeína posterior, en cambio, la suplementación crónica influyó en las concentraciones circulantes de las hormonas cortisol y prolactina, lo que sugiere que la liberación de neurotransmisores a lo largo de estas vías neurales no explican el desarrollo de tolerancia. Sin embargo, las suplementaciones con concentraciones bajas funcionan mejor en aquellos individuos en los que su consumo habitual de cafeína es casi nula.

Coloquialmente, se piensa que algunas comidas no se deben consumir por la noche, de igual manera, hay suplementos/ayudas ergogénicas que se piensan de la misma manera, y la cafeína no se escapa de esa suposición, Boyett et al<sup>35</sup> analizaron la relación de cafeína y momento de consumo; durante el día en 20 participantes deportistas, se demostró que la cafeína mejora el rendimiento en pruebas de 3 kilómetros más por la mañana que por la noche, antes de las 10 a.m., debido a que se ha demostrado que el citocromo P450 1A2, la enzima responsable del metabolismo de la cafeína tiene niveles de actividad más altos durante las horas de sueño y directamente después de despertarse, en comparación al resto del día. Esto sugiere que la cafeína puede ser un suplemento adecuado para usar durante la competencia matutina, pero con resultados menos notables en la noche, debido a los posibles efectos perjudiciales del consumo por la noche, ya que afecta el sueño. Se recomienda que a los atletas se les compruebe la eficacia de la cafeína matutina de forma individual antes de usarla por la noche, esto es, consumir al menos que se tenga un umbral alto de cafeína.

Shabir et al<sup>37</sup> realizaron una investigación en jugadores de fútbol utilizando una dosis de 3 mg/kg/día sobre un posible efecto psicológico, en donde nombraron al consumo grupal de cafeína "motivación psicológica", observando que actúa de mejor manera que la suplementación de cafeína de forma individual.

En la tabla 2 se puede observar una comparación entre los diversos artículos, así como su dosificación con tipo de prueba, teniendo en cuenta que el tipo de deporte cambia, los resultados son similares, dejando saber que la cafeína tiene efectos positivos en una amplia gama de deportes.

### Toxicidad y daño

Los autores<sup>6-31</sup> analizados mencionan que la cafeína no trae consigo efectos secundarios en la actividad física, debido a que la mayoría de veces sus efectos son beneficiosos, un consumo excesivo de cafeína (más de 9 mg/kg/día)<sup>6-31</sup>, puede llegar a tener efectos como:

- Estar mentalmente confundidos
- Falta de concentración
- Sin capacidad para realizar funciones simples (decir la hora con precisión)
- Dejar de realizar actividad física
- Diuresis que conduce a pérdida de líquidos, electrolitos y una disminución del volumen plasmático (si se realiza ejercicio no hay efecto diurético)
- Aumento en la tensión y los síntomas de ansiedad
- Nerviosismo
- Malestar gastrointestinal
- Efecto negativo en el rendimiento
- Temblores
- Náuseas

Puede presentarse el síndrome de abstinencia del café, caracterizado por dolor de cabeza, fatiga, disminución de energía y actividad, disminución del estado de alerta, somnolencia, disminución de la satisfacción, estado de ánimo deprimido, dificultad para concentrarse, irritabilidad y falta de lucidez.

En los deportistas acostumbrados al uso de cafeína, será común encontrar signos y síntomas de toxicidad, ya que al ver resultados positivos van a buscar obtener más beneficios y consumir más, buscando mejores efectos de resistencia, fuerza y potencia lo cual los puede condicionar a un estado de toxicidad<sup>3</sup>.

### Conclusión

La suplementación con cafeína genera efectos positivos en los deportistas.

Los deportes de resistencia se benefician más en comparación con los deportes de fuerza.

Entrenadores y nutriólogos deportivos pueden emplear la cafeína para lograr un mayor rendimiento en las competencias de sus deportistas.

Dosis menores logran buenos resultados (3 mg/kg/día durante aproximadamente 4 días por semana).

Dosificación mayor a 9 mg no es recomendable, genera dependencia, afecciones del SNC y da efectos negativos.

La cafeína retrasa la aparición de fatiga, así como dolor muscular en ejercicios de larga duración.

Se recomienda suplementar por la mañana y a temperaturas que no rebasen los 30°C.

## Referencias

- [1]. Mielgo-Ayuso J, Maroto-Sánchez B, Luzardo-Socorro R, Palacios G, Palacios N, y González-Gross M. Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas. *Revista Española de Nutrición Comunitaria*. 2015; 21(1), 225-234. DOI: 10.14642/RENC.2015.21.sup1.5069
- [2]. Daly JW. Caffeine analogs: biomedical impact. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2007; 64(16), 2153–2169. doi:10.1007/s00018-007-7051-9
- [3]. McLellan TM, Caldwell JA, y Lieberman HR. A review of caffeine's effects on cognitive, physical and occupational performance. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. 2016;71, 294–312. doi:10.1016/j.neubiorev.2016.09.001
- [4]. Wickham KA, y Spriet LL. Administration of Caffeine in Alternate Forms. *Sports Medicine* 2018;48(S1), 79–91. doi:10.1007/s40279-017-0848-2
- [5]. Spriet LL. Caffeine and Performance. *International Journal of Sport Nutrition*. 1995;5(s1), S84–S99. doi:10.1123/ijns.5.s1.s84
- [6]. Ferré S. An update on the mechanisms of the psychostimulant effects of caffeine. *Journal of Neurochemistry*. 2008;105(4), 1067–1079. doi:10.1111/j.1471-4159.2007.05196.x
- [7]. Mena R. Los países más adictos al café. 2020. *Statista Consumer Market Outlook*. Disponible en: <https://es.statista.com/grafico/23076/consumo-medio-estimado-de-cafe-per-capita-en-2020/>
- [8]. Graham TE. Caffeine and Exercise. *Sports Medicine*. 2001; 31(11), 785–807. doi:10.2165/00007256-200131110-00002
- [9]. Glaister M, y Gissane C. Caffeine and Physiological Responses to Submaximal Exercise: A Meta-Analysis. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2018;13(4), 402–411. doi:10.1123/ijsp.2017-0312
- [10]. Tarnopolsky MA. Effect of caffeine on the neuromuscular system — potential as an ergogenic aid. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2008;33(6), 1284–1289. doi:10.1139/h08-121
- [11]. Hindmarch I, Rigney U, Stanley N, Quinlan P, Rycroft J, y Lane J. A naturalistic investigation of the effects of day-long consumption of tea, coffee and water on alertness, sleep onset and sleep quality. *Psychopharmacology*. 2000;149(3), 203–216. doi:10.1007/s002130000383
- [12]. Moreno A. La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte: segunda parte. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2016; 4(33), 259-266.
- [13]. Food and Drug Administration. Al grano: ¿Cuánta cafeína es demasiada? 2018. Disponible en: <https://www.fda.gov/consumers/articulos-en-espanol/al-grano-cuanta-cafeina-es-demasiada#:~:text=Para%20los%20adultos%20sanos%2C%20la,relaciona%20con%20efectos%20negativos%20peligrosos.>
- [14]. Sánchez IA. Entrenamiento de la fuerza muscular como coadyuvante en la disminución del riesgo cardiovascular: una revisión sistemática. *Cardiología del adulto*. 2009;16(6), 239- 248. ISSN: 0120-5633.
- [15]. Diaz-Lara FJ, del Coso J, Portillo J, Areces F, García JM, y Abián-Vicén J. Enhancement of High-Intensity Actions and Physical Performance During a Simulated Brazilian Jiu-Jitsu Competition With a Moderate Dose of Caffeine. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2016; 11(7), 861–867. doi:10.1123/ijsp.2015-0686
- [16]. Glaister M, Pattison JR, Muniz-Pumares D, Patterson SD, y Foley P. Effects of Dietary Nitrate, Caffeine, and Their Combination on 20-km Cycling Time Trial Performance. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2015; 29(1), 165–174. doi:10.1519/jsc.0000000000000596
- [17]. Sarola J, Morales G, Martínez-Sanz JM, y Urdampilleta A. Deportes de ultra resistencia: características fisiológicas, sistema competitivo y riesgo nutricional. *EFDeportes*. 2012;15(166).
- [18]. Diaz-Lara FJ, Del Coso JM, Areces F, y Abián-Vicén J. Caffeine improves muscular performance in elite Brazilian Jiu-jitsu athletes. *European Journal of Sport Science*. 2016; 16-8, 1079-1086, DOI: 10.1080/17461391.2016.1143036
- [19]. Urdampilleta A, Armentia I, Gómez-Zorita S, Martínez-Sanz JM, y Mielgo-Ayuso J. La fatiga muscular en los deportistas: métodos físicos, nutricionales y farmacológicos. *Archivos de Medicina del Deporte*. 2015; 1(32), 36-43.
- [20]. Lopes-Silva JP, Silva-Santos JF, Branco BHM, Abad CCC, Oliveira LF, Loturco I, y Franchini E. Caffeine Ingestion Increases Estimated Glycolytic Metabolism during Taekwondo Combat Simulation but Does Not Improve Performance or Parasympathetic Reactivation. *PLoS ONE*. 2015; 10(11): e0142078. doi:10.1371/journal.pone.0142078
- [21]. Santos V, Santos V, Felipe L, Almeida Jr.J, Bertuzzi R, Kiss M, y Lima-Silva A. Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo. *Nutrients*. 2014; 6(2), 637–649. doi:10.3390/nu6020637

- [22]. Beaumont RE, y James LJ. Effect of a moderate caffeine dose on endurance cycle performance and thermoregulation during prolonged exercise in the heat. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2017; 20(11), 1024–1028. doi:10.1016/j.jsams.2017.03.017
- [23]. Rezaei S, Akbari K, Gahreman DE, Sarshin A, Tabben M, Kaviani M, y Naderi A. Caffeine and sodium bicarbonate supplementation alone or together improve karate performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2019; 16(1). doi:10.1186/s12970-019-0313-8
- [24]. Silveira V, Irigon F, y Boscolo F. Caffeine ingestion changes time-motion and technical-tactical aspects in simulated boxing matches: A randomized double-blind PLA-controlled crossover study, *European Journal of Sport Science*. 2018. DOI: 10.1080/17461391.2018.146559
- [25]. Durkalec-Michalski K, Nowaczyk PM, Głowska N, y Grygiel A. Dose-dependent effect of caffeine supplementation on judo-specific performance and training activity: a randomized placebo-controlled crossover trial. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2019; 16(1). doi:10.1186/s12970-019-0305-8
- [26]. Glaister M, Williams BH, Muniz-Pumares D, Balsalobre-Fernández C, y Foley P. The Effects of Caffeine Supplementation on Physiological Responses to Submaximal Exercise in Endurance-Trained Men. *PLoS ONE*. 2016; 11(8): e0161375. doi:10.1371/journal.pone.0161375
- [27]. Diaz-Lara FJ, del Coso J, Portillo J, Areces F, García JM, y Abián-Vicén J. Enhancement of High-Intensity Actions and Physical Performance During a Simulated Brazilian Jiu-Jitsu Competition With a Moderate Dose of Caffeine. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2016; 11(7), 861-867.
- [28]. Aedma M, Timpmann S, y Ööpik V. Effect of Caffeine on Upper-Body Anaerobic Performance in Wrestlers in Simulated Competition-Day Conditions. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 2013;23(6), 601–609. doi:10.1123/ijsnem.23.6.601
- [29]. Santos V, Almeida J, Bertuzii R, Kiss M, y Lima-Silva A. Caffeine Reduces Reaction Time and Improves Performance in Simulated-Contest of Taekwondo. *Nutrients*. 2014; 6(2), 637-649. doi:10.3390/nu6020637
- [30]. Smirmaul BPC, de Moraes AC, Angius L, y Marcora SM. Effects of caffeine on neuromuscular fatigue and performance during high-intensity cycling exercise in moderate hypoxia. *European Journal of Applied Physiology*. 2016; 117(1), 27–38. doi:10.1007/s00421-016-3496-6
- [31]. Marques A, Jesús A, Giglio B, Marini A, Lobo P, Mota J, y Pimentel G. Acute Caffeinated Coffee Consumption Does not Improve Time Trial Performance in an 800-m Run: A Randomized, Double-Blind, Crossover, Placebo-Controlled Study. *Nutrients*. 2018;10(6), 657. doi:10.3390/nu10060657
- [32]. Devenney S, Mangan S, Shortall M, y Collins K. Effects of carbohydrate mouth rinse and caffeine on high-intensity intervals running in a fed state. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2018;43(5), 517–521. doi:10.1139/apnm-2017-0458
- [33]. Gonzaga LA, Vanderlei LCM, Gomes RL, Garner DM, y Valenti VW. Involvement of Cardiorespiratory Capacity on the Acute Effects of Caffeine on Autonomic Recovery. *Medicina* 2019;55(5), 196. doi:10.3390/medicina55050196
- [34]. Beaumont R, Cordery P, Funnell M, Mears S, Lewis J, y Watson P. Chronic ingestion of a low dose of caffeine induces tolerance to the performance benefits of caffeine. *Journal of Sports Sciences*. 2016. DOI:10.1080/02640414.2016.1241421
- [35]. Boyett J, Giersch G, Womack C, Saunders M, Hughey C, Daley H, y Luden N. Time of Day and Training Status Both Impact the Efficacy of Caffeine for Short Duration Cycling Performance. *Nutrients*. 2016;8(10), 639. doi:10.3390/nu8100639
- [36]. Oskarsson J, y McGawley K. No individual or combined effects of caffeine and beetroot-juice supplementation during submaximal or maximal running. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2018;43(7), 697–703. doi:10.1139/apnm-2017-0547
- [37]. Shabir A, Hooton A, Spencer G, Storey M, Ensor O, Sandford L, y Higgins MF. The Influence of Caffeine Expectancies on Simulated Soccer Performance in Recreational Individuals. *Nutrients*. 2019;11(10), 2289. doi:10.3390/nu11102289
- [39]. Silveria R, Andrade-Souza VA, Arcoverde L, Tomazini F, Sansonio A, Bishop DJ, y Lima-Silva AE. Caffeine Increases Work Done above Critical Power, but Not Anaerobic Work. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2018; 50(1), 131–140. doi:10.1249/mss.0000000000001408.