

CAFEÍNA EN LA MUJER ATLETA SEGÚN EL CICLO MENSTRUAL: UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA

CAFFEINE IN FEMALE ATHLETES ACCORDING TO THE MENSTRUAL CYCLE: A SYSTEMATIC REVIEW

Recibido el 19 de agosto de 2024 / Aceptado el 13 de diciembre de 2024 / DOI: 10.24310/riccafd.13.3.2024.20419

Correspondencia: griesdelfi@gmail.com

Fornaresio, V. ^{1A-F}; **Gries, DM.** ^{2A-F}; **Ruggi, FY.** ^{3A-F}; **Santacreu, V.** ^{4A-F}; **Obeid, MD.** ^{5A-F}

¹ Licenciada en Nutrición. Residencia de Nutrición de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. División alimentación del Hospital General de Agudos "Juan A. Fernández"; vickfornaresio@gmail.com

² Licenciada en Nutrición. Residencia de Nutrición de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. División alimentación del Hospital General de Agudos "Juan A. Fernández"; griesdelfi@gmail.com

³ Licenciada en Nutrición. Residencia de Nutrición de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. División alimentación del Hospital General de Agudos "Dr. Abel Zubizarreta"; ruggi.florenciayanet@gmail.com

⁴ Licenciada en Nutrición. Residencia de Nutrición de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. División alimentación del Hospital General de Agudos "J. M. Ramos Mejía"; santacreu.vero@gmail.com

⁵ Licenciada en Nutrición. Nutricionista de planta de la división alimentación del Hospital General de Agudos "J. M. Ramos Mejía" de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina; lolaobeid72@gmail.com

Responsabilidades

^ADiseño de la investigación. ^BRecolector de datos. ^CRedactor del trabajo. ^DTratamiento estadístico. ^EApoyo económico. ^FIdea original y coordinador de toda la investigación

RESUMEN

La cafeína es ampliamente estudiada en la nutrición deportiva, pero la mayoría de los estudios se han realizado en hombres, ignorando la influencia del ciclo menstrual (CM) en mujeres. Esta revisión sistemática analizó la eficacia y seguridad de la cafeína en el rendimiento de mujeres atletas según la fase del CM. Se revisaron diez ensayos clínicos aleatorizados doble ciego controlados con placebo publicados entre enero del 2019 y enero del 2024 que incluyeron dosis de cafeína entre 3 y 6 mg/kg. Se observaron efectos ergogénicos de la cafeína en diferentes tipos de ejercicios y fases del CM. Durante la fase lútea, los efectos adversos reportados fueron nerviosismo y vigor con dosis de 3 y 6 mg/kg de cafeína. La cafeína puede mejorar el rendimiento en ejercicios aeróbicos y anaeróbicos, independientemente de la fase del CM. Se recomienda utilizar la dosis mínima efectiva e individualizar la suplementación.



■ PALABRAS CLAVE

cafeína, ciclo menstrual, rendimiento atlético, ejercicio físico, sustancias para mejorar el rendimiento.

■ ABSTRACT

Caffeine is extensively studied in sports nutrition, but most research has been conducted in men, overlooking the influence of the menstrual cycle (MC) in women. This systematic review assessed the efficacy and safety of caffeine on performance in female athletes according to the phase of the MC. Ten double-blind, randomized, placebo-controlled clinical trials published between January 2019 and January 2024 were reviewed, with caffeine doses ranging from 3 to 6 mg/kg. Ergogenic effects of caffeine were observed across various exercise types and MC phases. During the luteal phase, reported adverse effects included nervousness and increased vigor with doses of 3 and 6 mg/kg. Caffeine can enhance performance in both aerobic and anaerobic exercises, regardless of the MC phase. It is recommended to use the minimal effective dose and to individualize supplementation.

■ KEY WORDS

caffeine, menstrual cycle, athletic performance, exercise, performance-enhancing substances.

■ INTRODUCCIÓN

La cafeína es una de las ayudas ergogénicas más estudiadas y utilizadas en la nutrición deportiva. Tal es así que el Comité Olímpico Internacional la incluyó dentro de los suplementos con un nivel adecuado de evidencia sobre sus beneficios en el rendimiento debido a su efecto sobre la velocidad de movimiento, resistencia y fuerza muscular, así como en actividades aeróbicas y anaeróbicas específicas de cada deporte (1-4). Además de estos efectos sobre el rendimiento físico, se la asocia con mejoras en la función cognitiva como la atención, vigilancia y la disminución del dolor y del esfuerzo percibido bajo condiciones de fatiga (2,5).

El Sistema Nervioso Central es el principal mecanismo por el cual ejercería sus efectos. Al antagonizar los receptores de adenosina, la cafeína incrementa la liberación de neurotransmisores, la velocidad de activación de las unidades motoras y atenúa la percepción del dolor (2,6).



Las sociedades deportivas internacionales indican que dosis moderadas de cafeína de 3 a 6 mg/kg de masa corporal serían suficientes para obtener un beneficio en el rendimiento (1,2). Dosis más elevadas se asociaron a efectos secundarios adversos como taquicardia, nerviosismo y alteraciones en el sueño (1,2,7). El momento de administración varía de acuerdo con la forma de presentación, pero el más utilizado es 60 minutos previos al ejercicio, siendo que la cafeína alcanza su concentración máxima en plasma entre 30 y 120 minutos luego de su consumo (1,2,8).

La evidencia actual sobre los efectos ergogénicos de la cafeína se encuentra respaldada por investigaciones realizadas en su mayoría en hombres (2,3,9-11). Una revisión reciente tuvo como objetivo caracterizar los estudios que investigaron los efectos de la cafeína en el rendimiento de fuerza (4). Este incluyó 189 estudios e identificó que había una sobrerrepresentación de hombres frente a mujeres, con un 79,4% de hombres y un 20,6% de mujeres. Asimismo, en 2019 se publicó una revisión de estudios de los últimos 40 años que analizaron el efecto de la cafeína frente a un placebo o grupo control en al menos una variable de rendimiento (12). Este halló que de 5300 participantes en conjunto, sólo el 13% eran mujeres.

Se ha identificado al sexo biológico como un determinante del rendimiento deportivo debido a las diferencias hormonales que impactan en la composición corporal y la capacidad aeróbica y anaeróbica, entre otras (11). La disparidad de género en la evidencia disponible podría deberse a variables específicas de las mujeres que suponen una población fisiológicamente más compleja (9).

Las hormonas sexuales femeninas poseen múltiples efectos fisiológicos, incluyendo parámetros cardiovasculares, respiratorios, metabólicos y neuromusculares que influyen en la respuesta a los sustratos metabólicos y a las ayudas ergogénicas repercutiendo en el rendimiento deportivo (13-15). Si bien estudios realizados en mujeres sugieren que la cafeína posee un efecto ergogénico similar al observado en hombres, algunos indican que las mujeres presentarían un menor tiempo de metabolización de la cafeína por lo que su ingesta debería adecuarse para maximizar sus efectos (9,16,17).

Diversos autores destacan la necesidad de llevar a cabo investigaciones adicionales para determinar las condiciones óptimas de consumo de cafeína en el deporte y el ejercicio en mujeres, considerando la variabilidad que podría existir durante las diferentes fases del ciclo menstrual (CM) (11,12,14,17,18). Se halló un metaanálisis que tuvo como objetivo evaluar el efecto de la cafeína en mujeres con análisis



OR “Menstrual Cycle”[Mesh]) OR “Follicular Phase”[Mesh]) OR “Luteal Phase”[Mesh]) OR “Gonadal Steroid Hormones”[Mesh]) AND “Sports”[Mesh]) OR “Exercise”[Mesh]) OR “Resistance Training”[Mesh]) OR “Circuit-Based Exercise”[Mesh]) OR “Plyometric Exercise”[Mesh]) OR “Exercise Test”[Mesh]) OR “Athletic Performance”[Mesh]) OR “Physical Conditioning, Human”[Mesh]) OR “Physical Fitness”[Mesh]) OR “Physical Endurance”[Mesh]) OR “Physical Exertion”[Mesh]) OR “Physical Functional Performance”[Mesh]) AND “Performance-Enhancing Substances”[Mesh]) OR “Caffeine”[Mesh]”. Se utilizaron los filtros *Randomized Controlled Trial, in the last 5 years, Humans, Female, Adolescent, Adult* y *Exclude preprints*; además se restringió el idioma a artículos en inglés y español.

Procedimientos para identificación y extracción de la información

Con relación a los métodos de selección de los estudios, cuatro autoras realizaron una selección de los títulos y resúmenes de manera independiente, para verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión. Los textos completos fueron revisados por dos autoras por cada artículo, con el objetivo de confirmar la inclusión en la revisión. En caso de desacuerdos, una tercera autora colaboró con la decisión final. Dos autoras de la revisión extrajeron de forma independiente los datos de los estudios incluyendo detalles específicos sobre las intervenciones, las poblaciones, los métodos de estudio y los resultados.

Evaluación de la calidad metodológica o riesgo de sesgo de los estudios individuales

La evaluación de la calidad metodológica se realizó a través de la herramienta Escala de Jadad, la cual incluye los dominios: aleatorización, doble ciego y abandono de los participantes. Se consideraron de baja calidad aquellos estudios que obtuvieron un puntaje igual o menor a 3.

Análisis de la información

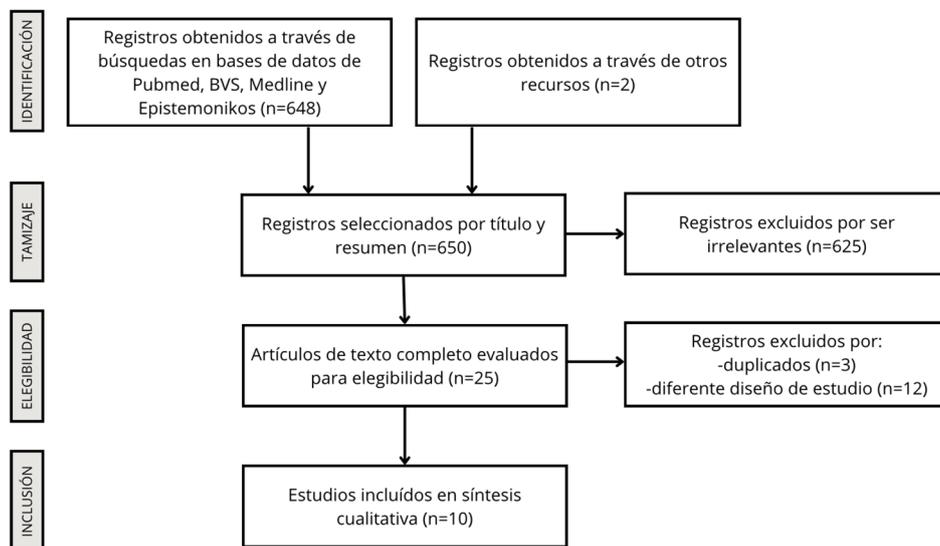
Se realizaron análisis por subgrupos para la fase del CM (fase folicular temprana, folicular tardía y lútea) y el tipo de ejercicio (aeróbico o anaeróbico) como posibles moderadores de los efectos de la cafeína.

■ RESULTADOS

En la búsqueda preliminar realizada en cuatro bases de datos se encontraron 648 artículos y 2 registros fueron identificados a través de otras bases. Se excluyeron 625 artículos luego de leer el título y/o



resumen. De los 25 artículos restantes, se eliminaron 3 duplicados y 12 que presentaron diferentes diseños de estudios. Finalmente se incluyeron 10 publicaciones científicas en esta revisión (Figura n° 1).



Fuente: elaboración propia.

Figura n° 1: Diagrama de Flujo.

Los estudios incluidos presentaron un total de 136 participantes. Según el estudio se observó un mínimo de 10 y un máximo de 26 participantes con un rango de edad de 16,3 - 37 años. Tres de los diez estudios analizados incluyeron tanto a hombres como mujeres y sólo tres compararon el efecto de la cafeína en tres fases del CM. En dos de los diez estudios incluidos se evaluó el efecto en ejercicios aeróbicos.

La cafeína se proporcionó con mayor frecuencia 60 minutos antes de la prueba con una dosis que oscila entre 3 y 6 mg/kg y la mayoría de las participantes tenían un consumo habitual bajo de cafeína. En sólo un estudio se evaluó la seguridad de la suplementación con cafeína con 3 y 6 mg/kg (Tabla n° 1).

Utilizando la escala de Jadad se concluyó que todos los estudios involucrados presentaron calidad metodológica alta, siendo destacable que sólo uno de ellos reportó las retiradas de los estudios.

Fase folicular temprana (FFTE)

En cuanto al ejercicio anaeróbico, Romero-Moraleda et al. (20) hallaron que la suplementación con 3 mg/kg de cafeína aumentó la velocidad media al 60% de 1 repetición máxima (RM) en media sentadilla (delta $[\Delta]= 1,4\pm 2,7\%$, $p=0,04$). Si bien se observaron mejoras en las velocidades



medias y máximas en otros porcentajes de 1RM evaluados, éstas no alcanzaron significancia estadística. En el caso de la potencia media y máxima evaluada mediante la prueba de Wingate de 15s, la cafeína tuvo un efecto ergogénico frente a un placebo aumentando de $7,8 \pm 0,8$ a $7,9 \pm 0,7$ W/kg ($p=0,03$) la media y de $8,6 \pm 0,8$ a $8,9 \pm 0,9$ W/kg ($p=0,04$) la máxima, con una magnitud similar en las tres fases del CM evaluadas. Sin embargo, sólo en la FFTE se halló un aumento significativo del lactato sérico con la suplementación de cafeína ($10,0 \pm 2,6$ vs $11,7 \pm 4,1$; $p=0,03$) (23). En el estudio de Ouergui et al. (28) se evaluó el efecto de la cafeína sobre el rendimiento en Taekwondo, encontrando una disminución en el tiempo para realizar la prueba de agilidad específica de taekwondo (TSAT) pasando de $5,8 \pm 0,3$ a $5,5 \pm 0,3$ s ($p < 0,05$) y en la prueba de frecuencia de patadas de velocidad de 10s (FSKT 10s) aumentando de 25 ± 1 a 27 ± 2 ($p < 0,05$) en la condición cafeína frente a placebo con diferencias significativas en ambos casos. Sin embargo, ambos hallazgos se produjeron únicamente en las atletas de élite evaluadas, mostrando una interacción entre la cafeína y el nivel de entrenamiento. AbuMoh' d (29) no halló diferencias significativas del efecto de la cafeína sobre las repeticiones hasta el fallo de *press* de pecho, *pulldown* lateral, flexión de tríceps y remo por separados, sin embargo, utilizando una prueba t para muestras pareadas, los datos revelaron que las repeticiones totales hasta el fallo fueron significativamente mayores ($79,33 \pm 6,43$ vs $84,85 \pm 5,66$ repeticiones; $t=3,22$; $p=0,023$).

Con respecto al ejercicio aeróbico, Lara et al. (24) evaluaron la potencia aeróbica máxima mediante una prueba en cicloergómetro en rampa. Observaron un aumento de la misma con la suplementación de cafeína pasando de $4,13 \pm 0,69$ a $4,24 \pm 0,71$ W/kg ($p=0,01$), con un efecto ergogénico similar en las tres fases del CM evaluadas por este estudio. Asimismo, hallaron efectos significativos de la cafeína en esta fase sobre variables cardiovasculares como la presión arterial diastólica y media, y la ventilación pulmonar máxima (todas $p < 0,05$).

Fase folicular tardía (FFTA)

En relación con el ejercicio anaeróbico, al igual que en la FFTE, el estudio de Romero-Moraleda et al. (20) observó que la suplementación con 3 mg/kg de cafeína aumentó significativamente la velocidad media al 60% de 1RM en media sentadilla ($\Delta = 5 \pm 10,4\%$; $p=0,04$), sin observarse este efecto en la fase lútea y sin significancia en los demás porcentajes de 1RM evaluados. En la prueba de Wingate de 15s la cafeína tuvo un efecto ergogénico en la potencia media y máxima, aumentando en la FFTE de $7,8 \pm 0,9$ a $8,0 \pm 0,8$ W/kg ($p=0,02$) la media y de $8,6 \pm 0,9$ a $8,9 \pm 0,9$ W/kg la máxima ($p=0,04$) (23).

Tabla n° 1: Caracterización de los estudios.

Referencia	Participantes	Consumo habitual de cafeína	Fase del ciclo menstrual	Prueba de rendimiento	Protocolo de Cafeína	Tipo de Ejercicio	Principales resultados
Romero-Moraleda et al. (2019) (20)	13 triatletas (31 ± 6 años)	< 100 mg/día	Folicular temprana, folicular tardía, y lútea media	Media sentadilla	Cápsula de 3 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↑ velocidad media al 60% de 1RM solo en FFTE y FFTA ↔ velocidad media y máxima en otros porcentajes de 1RM en las 3 fases
Stojanović et al. (2019) (21)	10 jugadoras profesionales de baloncesto (20,2 ± 3,9 años)	< 100 mg/día	Lútea	Salto vertical con contramovimiento, Lane Agility Drill, sprints de 10 y 20 m con y sin regate de pelota, carrera suicida	Cápsula de 3 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↓ tiempo de sprints de 10 y 20 m sin regate ↓ esfuerzo autopercebido ↔ pruebas restantes y rendimiento autopercebido
Chen et al. (2019) (22)	10 atletas de elite (tenis, baloncesto, fútbol) (20,4 ± 1,2 años)	< 200 mg/sem	Folicular temprana	Contracción isométrica máxima de los músculos extensores de la rodilla	Cápsula de 6 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↓ deterioro en las contracciones isométricas máximas ↑ lactato y glucosa séricos ↔ índice de fatiga ↔ dolor muscular de aparición tardía
Gutierrez-Hellin et al. (2020) (23)	13 triatletas (31 ± 6 años)	< 50 mg/día	Folicular temprana, folicular tardía, y lútea media	Prueba de Wingate de 15 segundos	Cápsula de 3 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↑ potencia máxima y media en las 3 fases ↑ lactato sérico solo en FFTE ↔ índice de fatiga, esfuerzo autopercebido y potencia muscular autopercebida en las 3 fases
Lara et al. (2020) (24)	13 triatletas (31 ± 6 años)	< 50 mg/día	Folicular temprana, folicular tardía, y lútea media	Cicloergómetro en rampa	Cápsula de 3 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Aeróbico	↑ potencia máxima en ciclismo en las 3 fases ↑ PA media y diástolica en las 3 fases ↑ PA sistólica y frecuencia cardiaca máxima en FFTA y FL ↑ lactato sérico en la FFTE y FL ↔ esfuerzo autopercebido y resistencia autopercebida en las 3 fases
Karayigit et al. (2021) (25)	17 atletas en entrenadas en deportes de equipo (rugby, baloncesto, fútbol) (23 ± 2 años)	15 ± 4 mg/día	Lútea	Sentadilla y press de banca	3 y 6 mg/kg provenientes de café disueltos en 600 ml. de agua caliente 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↑ repeticiones hasta el fallo al 40% de 1RM en sentadilla en la 1ª serie (con ambas dosis de cafeína). ↑ rendimiento cognitivo (con ambas dosis de cafeína) ↓ percepción del dolor (6mg/kg de cafeína) ↔ repeticiones al 40% de 1RM en press de banca ↔ lactato y glucosa séricos, ritmo cardíaco
Lara et al. (2021) (26)	10 atletas entrenadas en deportes intermitentes (30,8 ± 5,4 años)	< 60 mg/día	Lútea media	Prueba de Wingate de 15 segundos	Cápsula de 3 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↑ potencia máxima y media ↔ índice de fatiga y esfuerzo autopercebido
Varillas-Delgado et al. (2023) (27)	14 físicamente activas (26 ± 6 años)	< 50 mg/día	Lútea media	Prueba de ciclismo incremental	Cápsula de 3 y 6 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Aeróbico	↑ tasa de oxidación de grasa y ↓ tasa de oxidación de carbohidratos ↑ nerviosismo y vigor (con ambas dosis) ↔ irritabilidad, dolor muscular, diuresis, insomnio ↔ esfuerzo autopercebido y PA sistólica, diastólica y media
Ouergui et al. (2023) (28)	16 atletas elite (17,7 ± 0,6 años) y 10 atletas subelite de taekwondo (17,3 ± 0,5 años)	1.14 ± 0.49 mg/kg/día	Folicular temprana	TSAT, FSKT-10s, FSKT-multi	Cápsula de 3 mg/kg 45 minutos previos frente a placebo y grupo control	Anaeróbico	↓ tiempo de TSAT sólo en atletas de elite ↑ FSKT-10s sólo en atletas de elite ↔ esfuerzo autopercebido ↔ FSKT-multi
Abumoh´d (2023) (29)	10 atletas entrenadas en ejercicios de fuerza (24,5 ± 4,1 años)	≤ 200 mg/día	Folicular temprana	Press de pecho, pulldown lateral, flexión de tríceps y remo	Cápsula de 4 mg/kg 60 minutos previos frente a placebo	Anaeróbico	↑ repeticiones totales hasta el fallo ↔ repeticiones de cada ejercicio hasta el fallo ↓ prolactina sérica

↑: aumento significativo (p<0,05). ↓: disminución significativa (p<0,05). ↔: sin diferencia significativa.
 FFTE: fase folicular temprana. FFTA: fase folicular tardía. FL: fase lútea
 RM: repetición máxima. PA: presión arterial. TSAT: prueba de agilidad específica de taekwondo. FSKT 10-s: prueba de frecuencia de patadas de velocidad de 10 segundos. FSKT-multi: prueba de frecuencia de patadas de velocidad de múltiples combates.

Fuente: elaboración propia.



En el caso de la potencia aeróbica máxima, al igual que en la FFTE se observó un efecto con la suplementación de cafeína pasando de $4,14 \pm 0,7$ a $4,27 \pm 0,73$ W/kg ($p=0,03$) (24). De igual manera se hallaron efectos significativos de la cafeína en esta fase sobre parámetros cardiovasculares como la presión arterial sistólica, diastólica y media, y la frecuencia cardiaca máxima (todas $p < 0,05$).

Fase lútea (FL)

Con respecto al ejercicio anaeróbico, Stojanovic et al. (21) evaluaron a las participantes únicamente en la FL y observaron una disminución estadísticamente significativa en el tiempo de los *sprints* de 10 y 20m sin regate por efecto de la cafeína frente a un placebo ($2,11 \pm 0,18$ vs $2,01 \pm 0,13$ s; $\Delta -4,74\%$; $p=0,05$ y $3,59 \pm 0,25$ vs $3,49 \pm 0,23$ s; $\Delta -2,79\%$; $p=0,04$, respectivamente). Además, hallaron una disminución significativa en la escala de esfuerzo autopercebido ($7,8 \pm 1,2$ vs $5,6 \pm 2,5$ puntos; $p=0,04$). Sin embargo, en otros estudios incluidos no se hallaron variaciones significativas, incluso en los que compararon con las demás fases del CM (23,24,26-28). En el caso de la potencia media y máxima en la prueba de Wingate de 15s, dos estudios encontraron efecto ergogénico de la cafeína frente a un placebo. En el estudio de Gutierrez-Hellin et al. (23) la potencia media aumentó de $8,0 \pm 0,7$ W/kg a $8,2 \pm 0,7$ ($p=0,02$) y la potencia máxima de $8,6 \pm 0,8$ W/kg a $8,9 \pm 0,8$ W/kg ($p < 0,01$), y como se mencionó previamente, la magnitud fue similar en las tres fases evaluadas. En el de Lara et al. (26) se consideró únicamente en la FL y se halló que la potencia media pasó de $8,1 \pm 0,7$ a $8,3 \pm 0,7$ W/kg ($p=0,01$) y la máxima de $8,8 \pm 0,9$ a $9,1 \pm 0,8$ W/kg ($p=0,04$). Karayigit et al. (25) encontraron efecto ergogénico cuando evaluaron 3 y 6 mg/kg de cafeína frente a un placebo en repeticiones al 40% de 1 RM en la primera serie de sentadilla (placebo: $31,2 \pm 5,1$ kg; 3 mg/kg: $33,4 \pm 5,2$ kg; 6 mg/kg: $33,9 \pm 6,0$ kg; $p=0,01$) en la FL.

En cuanto a los estudios que evaluaron ejercicios aeróbicos, como se mencionó previamente se halló un efecto ergogénico de la cafeína en la potencia aeróbica máxima con 3 mg/kg de cafeína frente a un placebo ($4,15 \pm 0,69$ vs $4,29 \pm 0,67$ W/kg; $\Delta 3,6 \pm 5,1\%$; $p=0,01$), de magnitud similar en las tres fases del CM evaluadas. Al igual que en la FFTE, se hallaron efectos significativos de la cafeína sobre parámetros cardiovasculares como la presión arterial sistólica, diastólica y media, y la frecuencia cardiaca máxima (todas $p < 0,05$) (24).

Varillas-Delgado et al. (27) evaluaron el efecto de 3 y 6 mg/kg en la tasa de oxidación de sustratos, medida por calorimetría indirecta, durante una prueba en cicloergómetro con cargas de trabajo del 30 al 70% del consumo máximo de oxígeno (VO_{2max}). La tasa máxima de



oxidación de grasas con placebo fue de $0,24 \pm 0,03$ g/min, que aumentó con 3 mg/kg de cafeína a $0,29 \pm 0,04$ g/min ($p=0,032$) y a $0,29 \pm 0,03$ con 6 mg/kg ($p=0,042$), sin diferencias entre ambas dosis a cualquier intensidad de ejercicio. En el caso de los carbohidratos, disminuyó su tasa de oxidación con cargas del 40 al 60% del VO_{2max} con cafeína ($p<0,05$), sin diferencias entre 3 y 6 mg/kg a cualquier intensidad de ejercicio.

Efectos adversos (EA)

En un estudio se registraron las frecuencias de EA durante las 24 horas siguientes a la ingesta aguda de 3 y 6 mg/kg de cafeína o de placebo durante la FL. Cada efecto secundario fue autoinformado por las participantes utilizando una escala de 1 a 10 unidades arbitrarias (ua). Hallaron que ambas dosis aumentaron la sensación de nerviosismo (placebo: $1,3 \pm 0,6$ ua; 3 mg/kg: $3,3 \pm 2,5$ ua; 6 mg/kg: $3,0 \pm 2,3$ ua; ambas $p<0,05$) y vigor (placebo: $1,5 \pm 0,8$ ua; 3 mg/kg: $3,2 \pm 2,5$; 6 mg/kg: $3,5 \pm 2,4$; ambas $p<0,05$), aunque consideraron que las mismas fueron de baja magnitud y relevancia clínica. Otras variables como la irritabilidad, insomnio y la diuresis no presentaron diferencias significativas (27).

■ DISCUSIÓN

La variabilidad hormonal a lo largo del CM representa una oportunidad para optimizar el rendimiento mediante intervenciones nutricionales específicas. En la presente revisión se analizó la eficacia de la cafeína en el rendimiento en distintas fases del CM, revelando resultados significativos que varían según la fase del ciclo y el tipo de ejercicio.

Los estudios que compararon los efectos de la cafeína en tres fases del CM encontraron que la magnitud del efecto ergogénico fue similar en todas las fases, tanto para la potencia media y máxima anaeróbica como para la potencia máxima aeróbica (23,24).

Se observó un efecto ergogénico en la velocidad media al 60% de 1 RM durante la FFTE y FFTA, pero no durante la FL (20). Dos metaanálisis sugieren que la FFTE sería el período en el que el rendimiento disminuye en comparación con las demás fases (15,30). Esta se caracteriza por niveles bajos de estrógenos, una hormona con efectos anabólicos, neuroexcitatorios y reguladores sobre los sustratos, estimulando la disponibilidad y absorción de glucosa por parte de las fibras musculares tipo I (31,32). La mejora significativa hallada en la FFTA podría explicarse por los niveles elevados de estrógenos en esta fase, sin la interferencia antagónica de la progesterona. En contraste, en la FFTE,



ambas hormonas se encuentran en niveles bajos, por lo que la cafeína podría ser de utilidad para mejorar el rendimiento anaeróbico, como se refleja en el aumento de la velocidad media al 60% de 1 RM.

Asimismo, en el metaanálisis realizado por Grgic y Varovic (19), se halló que el efecto de la cafeína sobre el rendimiento en salto fue más pronunciado durante la fase folicular. Sin embargo, no analizaron si este efecto se manifestó específicamente en la FFTE o FFTA.

Otro hallazgo observado durante la FFTE es la reducción del deterioro en la potencia de las contracciones isométricas máximas luego del daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE), cuando se administra una dosis de 6 mg/kg de cafeína (22). Un metaanálisis que investigó el impacto del CM en el DMIE reveló que la pérdida de fuerza sería más pronunciada durante la FFTE y menos significativa en la FL (33). Aunque el estudio incluido en la presente revisión no comparó el efecto de la cafeína entre las diferentes fases del CM, se observó un efecto ergogénico de la cafeína en la FFTE, la fase con la mayor incidencia de pérdida de fuerza.

En términos fisiológicos, la oxidación de ácidos grasos durante la FL es mayor en contraste con la folicular, lo cual resulta en una menor utilización de glucógeno muscular, prolongando así la resistencia hasta alcanzar el agotamiento (34). Según los resultados obtenidos en la presente revisión, la cafeína en dosis de 3 o 6 mg/kg durante la FL podría potenciar esta respuesta fisiológica (27). Un metaanálisis sugiere que serían necesarias dosis superiores a 3 mg/kg para mejorar de manera efectiva la oxidación de grasas durante el ejercicio aeróbico. Sin embargo, este análisis incluyó estudios realizados en hombres y mujeres, así como en individuos no entrenados (35). Aunque el estudio realizado por Varillas-Delgado et al. (27) no comparó el efecto de la cafeína en las demás fases del CM, se propone que una dosis de 3 mg/kg sería suficiente para promover la oxidación de grasas durante la FL. Se requieren investigaciones adicionales para validar este efecto en las distintas fases del CM.

Con relación a la seguridad de la cafeína, se halló que sólo uno de los estudios incluidos reportó EA en la FL durante las 24 horas posteriores a la suplementación con 3 y 6 mg/kg de cafeína, donde el nerviosismo y el vigor alcanzaron significancia estadística frente al placebo con ambas dosis (27). Una revisión que evaluó los EA asociados con la suplementación de cafeína en atletas identificó que la taquicardia y la dificultad para conciliar el sueño fueron los síntomas más frecuentes (36). Dado que la prevalencia y magnitud de los EA eran más altas a mayores dosis, este análisis concluyó que la dosis óptima podría ser de 3 mg/kg de cafeína. Los EA reportados en el estudio de Varillas-Delgado et al. (27) podrían



tener relación con la fase del CM en la que se realizó el estudio, ya que el aclaramiento sistémico de la cafeína podría ser más lento durante la FL (37). Sin embargo, existen diferencias individuales que pueden atribuirse a la variación genética, la ingesta habitual de cafeína, y la respuesta física y psicológica (2). Hasta que se dispongan de estudios que reporten los EA en las demás fases del CM, se sugiere utilizar la dosis mínima efectiva para obtener los beneficios ergogénicos y minimizar el riesgo de EA.

Una limitación de la evidencia disponible, y por lo tanto de esta revisión, consiste en que hasta el momento sólo tres estudios han comparado el efecto ergogénico de la cafeína en el rendimiento en al menos tres fases de CM, los demás sólo informaron los resultados en un punto específico del CM. Además, el protocolo utilizado para identificar las fases constituye otra limitación, dado que medir la concentración sérica de hormonas esteroideas femeninas habría contribuido a confirmar cada etapa del CM. De igual manera, algunos tampoco midieron las concentraciones de cafeína, siendo que el efecto ergogénico estaría relacionado con el mantenimiento de las concentraciones en circulación. Por otro lado, los estudios incluyeron participantes con consumo habitual bajo de cafeína. En Argentina se estima que el consumo promedio en mujeres es de 5,5 mg/kg/día, siendo los mayores contribuyentes el mate cebado y el café (38). Por lo tanto, los resultados observados no podrían generalizarse a mujeres con consumo moderado a alto, siendo necesarios estudios adicionales en mujeres con estas características. Por último, la heterogeneidad en la manera en que se midieron los resultados de los estudios incluidos impidió la realización de un metaanálisis, por lo que se presentaron los resultados de manera descriptiva.

■ CONCLUSIONES

La cafeína mejoraría el rendimiento independientemente de la fase del CM, tanto en ejercicios aeróbicos como anaeróbicos. Sin embargo, podría ser de utilidad durante la FFTE, período en el que el rendimiento disminuye en comparación con las demás fases.

Hasta que se dispongan de estudios que reporten los EA según la fase del CM, se sugiere utilizar la dosis mínima efectiva para obtener los beneficios ergogénicos y minimizar la frecuencia y magnitud de los EA.

Cuando el rendimiento del ejercicio es una prioridad, como en el caso de las atletas de élite, un enfoque individualizado podría ser más apropiado dado que la eficacia y seguridad de la suplementación con cafeína pueden variar dependiendo de factores individuales.



■ CONFLICTOS DE INTERÉS

Las autoras declaran que no poseen ningún conflicto de interés.

■ FUENTES DE FINANCIACIÓN

Las autoras declaran que el estudio no fue financiado.

■ AGRADECIMIENTOS

Las autoras agradecen a la Lic. Dolores Obeid, a la Lic. Omni Acosta Seró y a los integrantes de la residencia postbásica de Investigación en Salud por la orientación y asesoramiento metodológico. Asimismo, a los integrantes de la División Alimentación de los hospitales “Juan A. Fernández”, “Dr. Abel Zubizarreta” y “J. M. Ramos Mejía” por el acompañamiento y apoyo a lo largo de esta revisión.

■ REFERENCIAS

1. Maughan RJ, Burke LM, Dvorak J, Larson-Meyer DE, Peeling P, Phillips SM, et al. IOC consensus statement: dietary supplements and the high-performance athlete. *Br J Sports Med* [Internet]. abril de 2018 [citado 9 de mayo de 2024];52(7):439-55. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29540367/>
2. Guest NS, VanDusseldorp TA, Nelson MT, Grgic J, Schoenfeld BJ, Jenkins NDM, et al. International society of sports nutrition position stand: caffeine and exercise performance. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2 de enero de 2021 [citado 9 de mayo de 2024];18(1):1. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7777221/>
3. Grgic J, Mikulic P, Schoenfeld BJ, Bishop DJ, Pedisic Z. The Influence of Caffeine Supplementation on Resistance Exercise: A Review. *Sports Med* [internet]. enero de 2019 [citado 9 de mayo de 2024];49(1):17-30. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30298476/>
4. Giráldez-Costas V, Del Coso J, Mañas A, Salinero JJ. The Long Way to Establish the Ergogenic Effect of Caffeine on Strength Performance: An Overview Review. *Nutrients* [Internet]. 27 de febrero de 2023 [citado 9 de mayo de 2024];15(5):1178. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10005568/>
5. Lowery LM, Anderson DE, Scanlon KF, Stack A, Escalante G, Campbell SC, et al. International society of sports nutrition position stand: coffee and sports performance. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 31 de diciembre de 2023 [citado 9 de mayo de 2024];20(1):2237952. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37498180/>



2024];20(1):2204066. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10210857/>

15. McNulty KL, Elliott-Sale KJ, Dolan E, Swinton PA, Ansdell P, Goodall S, et al. The Effects of Menstrual Cycle Phase on Exercise Performance in Eumenorrheic Women: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med [Internet]*. octubre de 2020 [citado 25 de mayo de 2024];50(10):1813-27. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32661839/>

16. Skinner TL, Desbrow B, Arapova J, Schaumberg MA, Osborne J, Grant GD, et al. Women Experience the Same Ergogenic Response to Caffeine as Men. *Med Sci Sports Exerc [Internet]*. junio de 2019 [citado 25 de mayo de 2024];51(6):1195-202. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30629046/>

17. Mielgo-Ayuso J, Marques-Jiménez D, Refoyo I, Del Coso J, León-Guereño P, Calleja-González J. Effect of Caffeine Supplementation on Sports Performance Based on Differences Between Sexes: A Systematic Review. *Nutrients [Internet]*. 30 de septiembre de 2019 [citado 9 de mayo de 2024];11(10):2313. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31574901/>

18. Janse De Jonge X, Thompson B, Han A. Methodological Recommendations for Menstrual Cycle Research in Sports and Exercise. *Med Sci Sports Exerc [Internet]*. diciembre de 2019 [citado 25 de mayo de 2024];51(12):2610-7. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31246715/>

19. Grgic J, Varovic D. Moderators of Caffeine's Effects on Jumping Performance in Females: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Nutr Assoc [Internet]*. 2 de enero de 2024 [citado 9 de mayo de 2024];43(1):92-100. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37191618/>

20. Romero-Moraleda B, Del Coso J, Gutiérrez-Hellín J, Lara B. The Effect of Caffeine on the Velocity of Half-Squat Exercise during the Menstrual Cycle: A Randomized Controlled Trial. *Nutrients [Internet]*. 4 de noviembre de 2019 [citado 25 de mayo de 2024];11(11):2662. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31690049/>

21. Stojanović E, Stojiljković N, Scanlan AT, Dalbo VJ, Stanković R, Antić V, et al. Acute caffeine supplementation promotes small to moderate improvements in performance tests indicative of in-game success in professional female basketball players. *Appl Physiol Nutr Metab [Internet]*. agosto de 2019 [citado 25 de mayo de 2024];44(8):849-56. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30633542/>

22. Chen HY, Chen YC, Tung K, Chao HH, Wang HS. Effects of caffeine and sex on muscle performance and delayed-onset muscle soreness after exercise-induced muscle damage: a double-blind randomized trial. *J Appl Physiol [Internet]*. 1 de septiembre de 2019 [citado 25 de mayo



de 2024];127(3):798-805. Disponible en: <https://www.physiology.org/doi/10.1152/japphysiol.01108.2018>

23. Lara B, Gutiérrez Hellín J, Ruíz-Moreno C, Romero-Moraleda B, Del Coso J. Acute caffeine intake increases performance in the 15-s Wingate test during the menstrual cycle. *Br J Clin Pharmacol* [Internet]. abril de 2020 [citado 10 de mayo de 2024];86(4):745-52. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7098873/>

24. Lara B, Gutiérrez-Hellín J, García-Bataller A, Rodríguez-Fernández P, Romero-Moraleda B, Del Coso J. Ergogenic effects of caffeine on peak aerobic cycling power during the menstrual cycle. *Eur J Nutr* [Internet]. septiembre de 2020 [citado 25 de mayo de 2024];59(6):2525-34. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31691019/>

25. Karayigit R, Naderi A, Akca F, Cruz CJGD, Sarshin A, Yasli BC, et al. Effects of Different Doses of Caffeinated Coffee on Muscular Endurance, Cognitive Performance, and Cardiac Autonomic Modulation in Caffeine Naive Female Athletes. *Nutrients* [Internet]. 22 de diciembre de 2020 [citado 25 de mayo de 2024];13(1):2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33374947/>

26. Lara B, Salinero JJ, Giráldez-Costas V, Del Coso J. Similar ergogenic effect of caffeine on anaerobic performance in men and women athletes. *Eur J Nutr* [Internet]. octubre de 2021 [citado 25 de mayo de 2024];60(7):4107-14. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33606090/>

27. Varillas-Delgado D, Aguilar-Navarro M, Muñoz A, López-Samanés Á, Ruiz-Moreno C, Posada-Ayala M, et al. Effect of 3 and 6 mg/kg of caffeine on fat oxidation during exercise in healthy active women. *Biol Sport* [Internet]. 2023 [citado 25 de mayo de 2024];40(3):827-34. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37398977/>

28. Ouergui I, Delleli S, Bridge CA, Messaoudi H, Chtourou H, Ballmann CG, et al. Acute effects of caffeine supplementation on taekwondo performance: the influence of competition level and sex. *Sci Rep* [Internet]. 23 de agosto de 2023 [citado 25 de mayo de 2024];13(1):13795. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37612360/>

29. Abumoh'd MF. Effects of acute caffeine intake on sex hormones response and repetitions to failure in resistance-trained females during early follicular phase. *J Hum Sport Exerc* [Internet]. 2024 [citado 25 de mayo de 2024];19(1). Disponible en: <https://www.jhse.ua.es/article/view/caffeine-hormones-female-athletes>

30. Niering M, Wolf-Belala N, Seifert J, Tovar O, Coldewey J, Kuranda J, et al. The Influence of Menstrual Cycle Phases on Maximal Strength Performance in Healthy Female Adults: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports* [Internet]. 12 de enero de 2024 [citado 7 de junio de 2024];12(1):31. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38251305/>



31. Oosthuyse T, Bosch AN. The Effect of the Menstrual Cycle on Exercise Metabolism: Implications for Exercise Performance in Eumenorrhoeic Women. *Sports Med* [Internet]. marzo de 2010 [citado 7 de junio de 2024];40(3):207-27. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20199120/>

32. Pallavi LC, Souza UJ, Shivaprakash G. Assessment of Musculoskeletal Strength and Levels of Fatigue during Different Phases of Menstrual Cycle in Young Adults. *J Clin Diagn Res* [Internet]. 2017 [citado 7 de junio de 2024];11(2):CC11-3. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5376807/>

33. Romero-Parra N, Cupeiro R, Alfaro-Magallanes VM, Rael B, Rubio-Arias JÁ, Peinado AB, et al. Exercise-Induced Muscle Damage During the Menstrual Cycle: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Strength Cond Res* [Internet]. febrero de 2021 [citado 7 de junio de 2024];35(2):549-61. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33201156/>

34. Willett HN, Koltun KJ, Hackney AC. Influence of Menstrual Cycle Estradiol-B-17 Fluctuations on Energy Substrate Utilization-Oxidation during Aerobic, Endurance Exercise. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 5 de julio de 2021 [citado 7 de junio de 2024];18(13):7209. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34281146/>

35. Collado-Mateo D, Lavín-Pérez AM, Merellano-Navarro E, Coso JD. Effect of Acute Caffeine Intake on the Fat Oxidation Rate during Exercise: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients* [Internet]. 24 de noviembre de 2020 [citado 7 de junio de 2024];12(12):3603. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7760526/>

36. De Souza JG, Del Coso J, Fonseca FDS, Silva BVC, De Souza DB, Da Silva Gianoni RL, et al. Risk or benefit? Side effects of caffeine supplementation in sport: a systematic review. *Eur J Nutr* [Internet]. diciembre de 2022 [citado 7 de junio de 2024];61(8):3823-34. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35380245/>

37. Lane JD, Steege JF, Rupp SL, Kuhn CM. Menstrual cycle effects on caffeine elimination in the human female. *Eur J Clin Pharmacol* [Internet]. noviembre de 1992 [citado 7 de junio de 2024];43(5):543-6. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1483492/>

38. Carnevali de Falke S, Degrossi MC. Consumo excesivo de cafeína y eventuales poblaciones de riesgo. *Acta toxicol argent* [Internet]. diciembre de 2017 [citado 13 de junio de 2024];25(3):67-79. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1851-37432017000300001&lng=es