



---

**Universidad de Valladolid**

# **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA**

## *GRADO EN FISIOTERAPIA*

### **TRABAJO FIN DE GRADO**

**SUPLEMENTACIÓN CON CAFEÍNA EN MUJERES FÍSICAMENTE ACTIVAS. REVISIÓN  
SISTEMÁTICA.**

**Presentado por: Helena Gutiérrez Martínez**

**Tutor: Dr. Diego Fernández Lázaro**

Soria, a 13 de junio de 2024



## Resumen

**Objetivo de esta revisión sistemática.** Analizar críticamente la evidencia científica existente para evaluar el efecto de la suplementación con cafeína en mujeres físicamente activas. La cafeína es un estimulante ampliamente consumido por deportistas debido a sus potenciales efectos ergogénicos. Es un alcaloide purínico llamado 1,3,7-trimetilxantina que se encuentra de forma natural en alimentos y bebidas como el café, el té, el chocolate y las bebidas energéticas. La cafeína actúa como un antagonista competitivo de los receptores adenosínicos en el sistema nervioso central, lo que provoca un aumento en la actividad neuronal y una sensación de alerta y energía.

**Hallazgos recientes.** Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática en diversas bases de datos, aplicando criterios de inclusión y exclusión basados en el modelo PICOS, y evaluando la calidad metodológica de los estudios con las escalas PEDro y McMaster, así como el riesgo de sesgo con la herramienta de Cochrane. De los 538 registros iniciales, se incluyeron 8 estudios en la revisión final. En general, se observó que la cafeína mejoró parámetros de fuerza muscular, potencia y resistencia, aunque los resultados sobre el rendimiento deportivo fueron heterogéneos. La cafeína también podría retrasar la fatiga muscular sin alterar la glucosa ni la frecuencia cardíaca. Algunos estudios mostraron diferencias en la respuesta dependiendo de la fase menstrual.

**Resumen.** En conclusión, la suplementación con cafeína puede ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento físico y mental en mujeres físicamente activas. Sin embargo, se requiere más investigación para obtener resultados más consistentes, ya que los hallazgos hasta ahora han sido heterogéneos y existen limitaciones en algunos aspectos metodológicos. Es importante considerar las diferencias de género al buscar optimizar el rendimiento deportivo a través de estrategias nutricionales personalizadas. Además, se necesita explorar más a fondo los efectos de la cafeína en diferentes fases del ciclo menstrual. Futuros estudios con muestras más grandes y diversidad de poblaciones serían beneficiosos para generalizar los hallazgos y comprender mejor los beneficios de la suplementación con cafeína en mujeres deportistas.

**Palabras clave:** cafeína, mujeres, rendimiento deportivo, estrategias en fisioterapia.

## **Abstract**

**Objective of this systematic review:** To critically analyze the existing scientific evidence to evaluate the effect of caffeine supplementation in physically active women. Caffeine is a widely consumed stimulant by athletes due to its potential ergogenic effects. It is a purine alkaloid called 1,3,7-trimethylxanthine that is naturally found in foods and beverages such as coffee, tea, chocolate, and energy drinks. Caffeine acts as a competitive antagonist of adenosine receptors in the central nervous system, which leads to increased neuronal activity and a feeling of alertness and energy.

**Recent findings:** A systematic literature search was conducted in various databases, applying inclusion and exclusion criteria based on the PICOS model, and evaluating the methodological quality of the studies using the PEDro and McMaster scales, as well as the risk of bias using the Cochrane tool. Out of the initial 538 records, 8 studies were included in the final review. Overall, it was observed that caffeine improved parameters of muscle strength, power, and endurance, although the results on athletic performance were heterogeneous. Caffeine could also delay muscle fatigue without altering glucose or heart rate. Some studies showed differences in response depending on the menstrual phase.

**Summary:** In conclusion, caffeine supplementation may be an effective strategy for improving physical and mental performance in physically active women. However, more research is needed to obtain more consistent results, as the findings so far have been heterogeneous and there are limitations in some methodological aspects. It is important to consider gender differences when seeking to optimize athletic performance through personalized nutritional strategies. Furthermore, further exploration of the effects of caffeine in different phases of the menstrual cycle is needed. Future studies with larger samples and diverse populations would be beneficial to generalize the findings and better understand the benefits of caffeine supplementation in female athletes.

**Keywords:** caffeine, women, athletic performance, physiotherapy strategies.

## ÍNDICE

1.	Introducción .....	7
2.	Justificación .....	9
3.	Objetivos.....	10
	3.1 <i>Objetivo general</i> .....	10
	3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	10
4.	Metodología .....	10
	4.1 <i>Estrategia de búsqueda</i> .....	10
	4.2 <i>Criterios de selección de los estudios</i> .....	10
	4.3 <i>Evaluación de la calidad metodológica</i> .....	11
	4.4 <i>Evaluación del riesgo de sesgo</i> .....	12
	4.5 <i>Extracción y síntesis de datos</i> .....	12
5.	Resultados.....	13
	5.1 <i>Selección de los estudios</i> .....	13
	5.2 <i>Evaluación de la calidad metodológica</i> .....	14
	5.3 <i>Evaluación del riesgo de sesgo</i> .....	17
	5.4 <i>Características de los pacientes y de la intervención</i> .....	18
	5.5 <i>Evaluación de los resultados</i> .....	18
6.	Discusión.....	28
	6.1 <i>Variables de rendimiento deportivo</i> .....	29
	6.2 <i>Variables cardiovasculares</i> .....	32
	6.3 <i>Variables biológicas</i> .....	33
	6.4 <i>Variables de percepción subjetiva</i> .....	34
	6.5 <i>Limitaciones</i> .....	34
7.	Aplicaciones en la fisioterapia deportiva.....	35
8.	Conclusiones .....	36
9.	Bibliografía.....	37
10.	Anexos .....	39

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b> Criterios PICOS para la inclusión y exclusión de estudios.	10
<b>Tabla 2.</b> Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos – escala de PEDro.	16
<b>Tabla 3.</b> Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos – escala de MacMaster.	16
<b>Tabla 4.</b> Puntuación del sesgo de los estudios según la herramienta de Cochrane.	17
<b>Tabla 5.</b> Estudios incluidos en la revisión sistemática del efecto de la suplementación con cafeína sobre mujeres deportistas.	19

## Índice de figuras

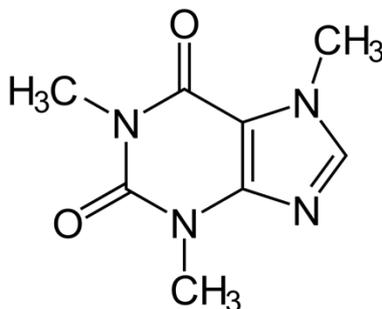
- Figura 1.** Fórmula de la cafeína. 8
- Figura 2.** Diagrama de flujo que representa el proceso de búsqueda y selección de los estudios que se incluyen en esta revisión, siguiendo las pautas establecidas por Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA). 13

## Listado de abreviaturas

AGL: Ácidos grasos libres	PAD: Presión arterial diastólica
CMJ: Salto contramovimiento vertical	PAS: Presión arterial sistólica
CMJH0: Contramovimiento vertical sin carga	PEDro: Physiotherapy Evidence Database
CMJH20: Contramovimiento vertical con carga de 20 kg	PP: Dolor percibido
EP: Resistencia muscular	PTMx: Potencia máxima
FA: Estimulación subjetiva	PTMe: Potencia media
FC: Frecuencia cardíaca	PTC: Potencia en fase concéntrica
FMC: Fuerza máxima concéntrica	PTE: Potencia en fase excéntrica
FME: Fuerza máxima excéntrica	RFD 200m: Tasa de desarrollo de fuerza en una distancia de 200 metros
FMI: Fuerza máxima isométrica	RM: Resistencia muscular
FMIa: Escalación alométrica de la fuerza isométrica máxima de la masa corporal	RPE: Percepción subjetiva del esfuerzo
GLC: Glucosa en sangre	RTF: Repeticiones hasta el fallo
HRV: Variabilidad de la frecuencia cardíaca	SJH0: Salto vertical sin carga
IF: Índice de fatiga	SJH20: Salto vertical con carga de 20 kg
INS: Insulina	SRSS: Short recovery and stress scale
LA: Lactato en sangre	TT: Temperatura timpánica
MVC: Nivel de activación muscular	USG: Gravedad específica de la orina
MVC 100ms: Fuerza generada en los primeros 100 milisegundos de una contracción voluntaria máxima	VC: Velocidad media de la barra
MP: Percepción del dolor muscular	VO2: Consumo de oxígeno
MXV: Velocidad máxima de la barra	%VO2 max: Intensidad relativa durante el protocolo
	VP: Velocidad máxima

## 1. Introducción

La cafeína, también conocida como teína o guaranina, es un alcaloide purínico llamado 1,3,7-trimetilxantina. Es considerada la droga psicoestimulante más ampliamente consumida a nivel mundial (1). La cafeína es un compuesto que se encuentra de forma natural en ciertos alimentos y bebidas como el café, el té, el chocolate y las bebidas energéticas. Es ampliamente utilizada como estimulante para mejorar el rendimiento físico y mental.



**Figura 1.** Fórmula de la cafeína (1).

Además de consumirse en forma de bebida, la cafeína también se encuentra en algunos medicamentos analgésicos utilizados principalmente para tratar dolores de cabeza, en combinación con paracetamol o antiinflamatorios no esteroideos (2).

Se trata de un alcaloide que actúa como un antagonista competitivo de los receptores adenosínicos en el sistema nervioso central, lo que provoca un aumento en la actividad neuronal y una sensación de alerta y energía. Además, la cafeína se metaboliza a través del CYP1A2, lo que puede dar lugar a interacciones con otros medicamentos. Cuando se consume cafeína, esta tiene efectos psicoestimulantes, respiratorios, músculo-esqueléticos y cardiovasculares. Por otro lado, se ha observado que la cafeína tiene un efecto diurético débil, aunque se desarrolla tolerancia rápidamente y no se ha demostrado que interfiera seriamente con el estado de hidratación (3).

En el ámbito deportivo, el consumo de cafeína se ha asociado con diversos beneficios, como la demora en la sensación de fatiga, la reducción del dolor y el esfuerzo percibidos, el incremento de la oxidación de ácidos grasos, el aumento de la producción de potencia media, la estimulación de la actividad motora y el aumento del estado de alerta y la capacidad de concentración (4).

Es importante destacar que, si bien la cafeína puede ser una herramienta útil para mejorar el rendimiento físico, su uso debe ser evaluado de manera individual y responsable. Además, se ha observado que la mayoría de la literatura existente sobre la suplementación con cafeína se ha centrado en la población masculina, dejando un vacío de conocimiento en relación con los efectos de la cafeína en mujeres físicamente activas.

El sexo es un factor importante en el rendimiento deportivo debido a las diferencias hormonales entre hombres y mujeres. Estas diferencias pueden afectar la composición corporal, la capacidad aeróbica y los umbrales anaeróbicos. Por lo tanto, es necesario tener recomendaciones específicas para cada género con el fin de optimizar el rendimiento deportivo. Sin embargo, la investigación sobre los efectos de la cafeína en el rendimiento deportivo es limitada en cuanto a la comparación entre hombres y mujeres. La mayoría de los estudios se

han realizado solo con participantes masculinos, por lo que se debe tener precaución al extrapolar las recomendaciones a ambos sexos (5).

Además, los cambios hormonales cíclicos en las mujeres debido a la menstruación pueden afectar diversos aspectos físicos y psicológicos, lo que a su vez puede influir en el rendimiento deportivo. Sin embargo, estos efectos son altamente individuales.

En cuanto a las mujeres en el deporte, en los últimos años ha habido un aumento significativo en su participación y representación. Las mujeres están rompiendo barreras y desafiando estereotipos en disciplinas deportivas tradicionalmente dominadas por hombres. Esto ha llevado a un mayor reconocimiento de la importancia del deporte en la salud y el bienestar de las mujeres.

En términos de participación en el deporte, ha habido un aumento del 20% en la participación de las mujeres en el ejercicio físico y el deporte desde 2010. Además, en los Juegos Olímpicos, la representación de las mujeres ha ido en aumento, pasando del 34% en Atlanta 1996 al 48% en Tokio 2020. Existe un compromiso por parte de las autoridades deportivas de lograr la igualdad de género en términos de participación en los próximos Juegos Olímpicos (6).

En la década de 1960 se observó que las mujeres tenían tasas más bajas de enfermedad cardiovascular hasta que sus niveles de estrógeno disminuían después de la menopausia. Esto llevó a los investigadores a investigar si la suplementación hormonal podría ser un tratamiento preventivo eficaz. Recientemente, se realizó un estudio exhaustivo de la literatura para analizar la representación de los suplementos deportivos reconocidos (como beta-alanina, cafeína, creatina, glicerol, nitratos/jugo de remolacha y bicarbonato de sodio) en las atletas femeninas. Los resultados mostraron una falta de información detallada sobre el uso de suplementos y las dosis recomendadas para las mujeres deportistas (7).

El uso de cafeína en el deporte es un tema controvertido que las organizaciones deportivas y las autoridades antidopaje evalúan (8). La cafeína era una sustancia prohibida en las competiciones deportivas por sus (bien documentados) efectos de mejora del rendimiento, pero fue eliminada de la lista de la Agencia Mundial Antidopaje en 2004 (1).

La importancia del deporte en la salud de la mujer es indiscutible y está respaldada por fuerte evidencia científica. La actividad física y el ejercicio regular tienen beneficios en más de veinticinco condiciones médicas, incluyendo la enfermedad cardiovascular y la mortalidad prematura. Además, el ejercicio físico puede contribuir a mejorar la salud mental y emocional, fortalecer el sistema inmunitario, mejorar la calidad del sueño y reducir el riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (9). La fuerza muscular es una cualidad física que requiere diferentes habilidades físicas y mentales, involucrando componentes óseos, musculares y el sistema nervioso. El desarrollo de la fuerza muscular es fundamental en el deporte y requiere un enfoque multidisciplinario que incluye la fisioterapia deportiva (10).

## 2. Justificación

El uso de suplementos nutricionales es cada vez más frecuente entre deportistas de alto nivel para intentar mejorar el rendimiento deportivo. La cafeína es uno de los suplementos más populares debido a sus potenciales efectos ergogénicos, como la movilización de lípidos, disminución de la percepción del esfuerzo y aumento de la resistencia muscular.

Sin embargo, la mayor parte de la evidencia científica sobre los efectos de la cafeína se ha obtenido de estudios realizados en hombres. Por ello, sus posibles beneficios específicos en mujeres deportistas siguen sin estar del todo claros. Esto es relevante desde la perspectiva de la fisioterapia deportiva, puesto que existen diferencias fisiológicas como las variaciones hormonales según la fase del ciclo menstrual que podrían modificar la respuesta al consumo de cafeína.

Además, en los últimos años el rendimiento físico y las capacidades atléticas de las deportistas de élite, especialmente en disciplinas como el fútbol femenino, han ido en aumento. Por tanto, conocer si la suplementación con cafeína puede mejorar parámetros relevantes para la actividad deportiva en mujeres, resulta importante para los fisioterapeutas deportivos.

La fisioterapia deportiva comprende una variedad de técnicas y modalidades terapéuticas, como ejercicios de fortalecimiento y estiramiento, terapia manual, electroterapia y modalidades de recuperación, entre otras. También desempeñan un papel importante en la educación y el asesoramiento sobre hábitos saludables, prevención de lesiones y manejo del dolor. La fisioterapia deportiva puede ayudar a las mujeres deportistas a optimizar su rendimiento, prevenir lesiones y acelerar la recuperación en caso de lesiones.

No obstante, los resultados previos sobre este tema son contradictorios y no aclaran completamente si realmente existe un efecto ergogénico de la cafeína en indicadores de rendimiento físico y variables fisiológicas en deportistas femeninas.

Por ello, es necesaria una revisión sistemática que sintetice de forma rigurosa toda la evidencia disponible, para determinar con mayor certeza si el consumo de cafeína puede influir positivamente en aspectos clave de la actividad deportiva desde una perspectiva de género. Esto permitirá aportar conocimientos relevantes en fisioterapia deportiva sobre la optimización del rendimiento a través de estrategias nutricionales personalizadas.

### 3. Objetivos

#### 3.1 Objetivo general.

El objetivo de esta revisión sistemática es analizar críticamente la evidencia científica existente para evaluar el efecto de la suplementación con cafeína en mujeres físicamente activas.

#### 3.2 Objetivos específicos.

1. Evaluar la influencia de la suplementación con cafeína en las variables físicas en términos de rendimiento deportivo.
2. Analizar los efectos de la suplementación con cafeína en parámetros fisiológicos relevantes para el rendimiento deportivo en mujeres, como parámetros cardiovasculares, biológicos o perceptuales.

### 4. Metodología

#### 4.1 Estrategia de búsqueda

Se realizó una búsqueda bibliográfica sistemática utilizando las siguientes bases de datos: Pubmed, Scopus, Web of Science (WOS), Biblioteca Cochrane, PEDro (Physiotherapy Evidence Database) incluyendo todos los resultados publicados entre el 1 de marzo de 2024 y el 15 de mayo de 2024. Esta revisión sistemática ha sido preparada siguiendo las pautas de Informes Preferidos para Revisiones Sistemáticas y Meta-Análisis (PRISMA, por sus siglas en inglés) (11). La estrategia de búsqueda se limitó a estudios publicados en inglés y español, excluyendo los manuscritos publicados en otros idiomas diferentes a estos dos. La búsqueda se realizó utilizando palabras clave conectadas por operadores booleanos.

Para ello, se han incluido los términos "*Women*" (mujer), "*female*" (femenino), "*caffeine*" (cafeína), "*sports performance*" (rendimiento deportivo) y "*muscular performance*" (rendimiento muscular) en combinación con los operadores booleanos "AND" (y) y "OR" (o).

#### 4.2 Criterios de selección de los estudios

La pregunta de investigación para esta revisión sistemática fue: ¿Cuáles son los efectos de la suplementación aguda con cafeína sobre el rendimiento deportivo y parámetros fisiológicos en mujeres físicamente activas? En busca de esa pregunta, se establecieron criterios de inclusión basados en los criterios PICOS (12).

**Tabla 1.** Criterios PICOS para la inclusión y exclusión de estudios (12).

Criterios	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<b>Población "P"</b>	La muestra debe estar compuesta exclusivamente por mujeres deportistas o físicamente activas. Las personas dentro de la muestra deben ser explícitamente referidas como "atletas entrenadas" en el manuscrito o cumplir con los criterios para ser clasificadas como "físicamente activas".	Menores de 18 años, enfermedad, medicación crónica, consume de otra suplementación nutritiva, tabaquismo, lesión reciente, alergia a la cafeína, situación de embarazo.

<b>Intervención "I"</b>	Incluir una intervención de suplementación que involucre el uso de cafeína exclusivamente, con información clara sobre la dosis y duración de la suplementación con cafeína.	Administración junto con otros suplementos nutricionales.
<b>Comparación "C"</b>	Incluir ya sea un grupo placebo o de control (diseño de estudios de grupo paralelo) o una condición experimental (diseño de estudios de cruce).	Con otras dosis de cafeína u suplementos nutricionales.
<b>Resultados "O"</b>	Cualquier parámetro relacionado con el rendimiento deportivo y/o biológicos, que informe sobre los efectos de la cafeína.	Ninguno.
<b>Diseño del estudio "S"</b>	Ensayos controlados aleatorios cruzados.	Estudios observacionales y estudios que utilizaron un enfoque analítico específico, revisiones, editoriales...

### 4.3 Evaluación de la calidad metodológica

Se usaron la escala de Physiotherapy Evidence Database (PEDro) (13) y la escala McMaster Critical Review Form for Quantitative Studies (McMaster) (14) para leer de manera crítica los artículos que entraban dentro de los criterios de inclusión para evaluar su calidad metodológica.

La escala PEDro se utiliza para evaluar la calidad metodológica de los ensayos y consta de 11 ítems. Los 11 ítems de la escala evalúan aspectos como la elegibilidad de los participantes, la asignación aleatoria de los grupos, el ocultamiento de la asignación, la similitud de los grupos al inicio, el enmascaramiento de los participantes, terapeutas y evaluadores, la obtención de medidas de resultado en la mayoría de los participantes, el análisis por intención de tratar, la presentación de comparaciones estadísticas y medidas de variabilidad, y la presentación de medidas de resultado y su variabilidad. Estos ítems son importantes para garantizar la validez interna y la interpretación de los resultados de los ensayos clínicos (15).

La escala MacMaster evalúa la calidad metodológica mediante 16 ítems, con puntaje de un punto por cumplimiento y cero por no cumplimiento del ítem. El puntaje total clasifica la calidad como pobre, aceptable, buena, muy buena y excelente. Esta herramienta analiza los propósitos del estudio, la revisión de la literatura, el diseño del estudio, el cegamiento, la descripción de la muestra, el tamaño de la muestra, la ética y consentimiento, la fiabilidad de los resultados, la validez de los resultados, la descripción de la intervención, la significación estadística, el análisis estadístico, la importancia clínica, las conclusiones, las implicaciones clínicas y las limitaciones del estudio (14).

#### **4.4 Evaluación del riesgo de sesgo**

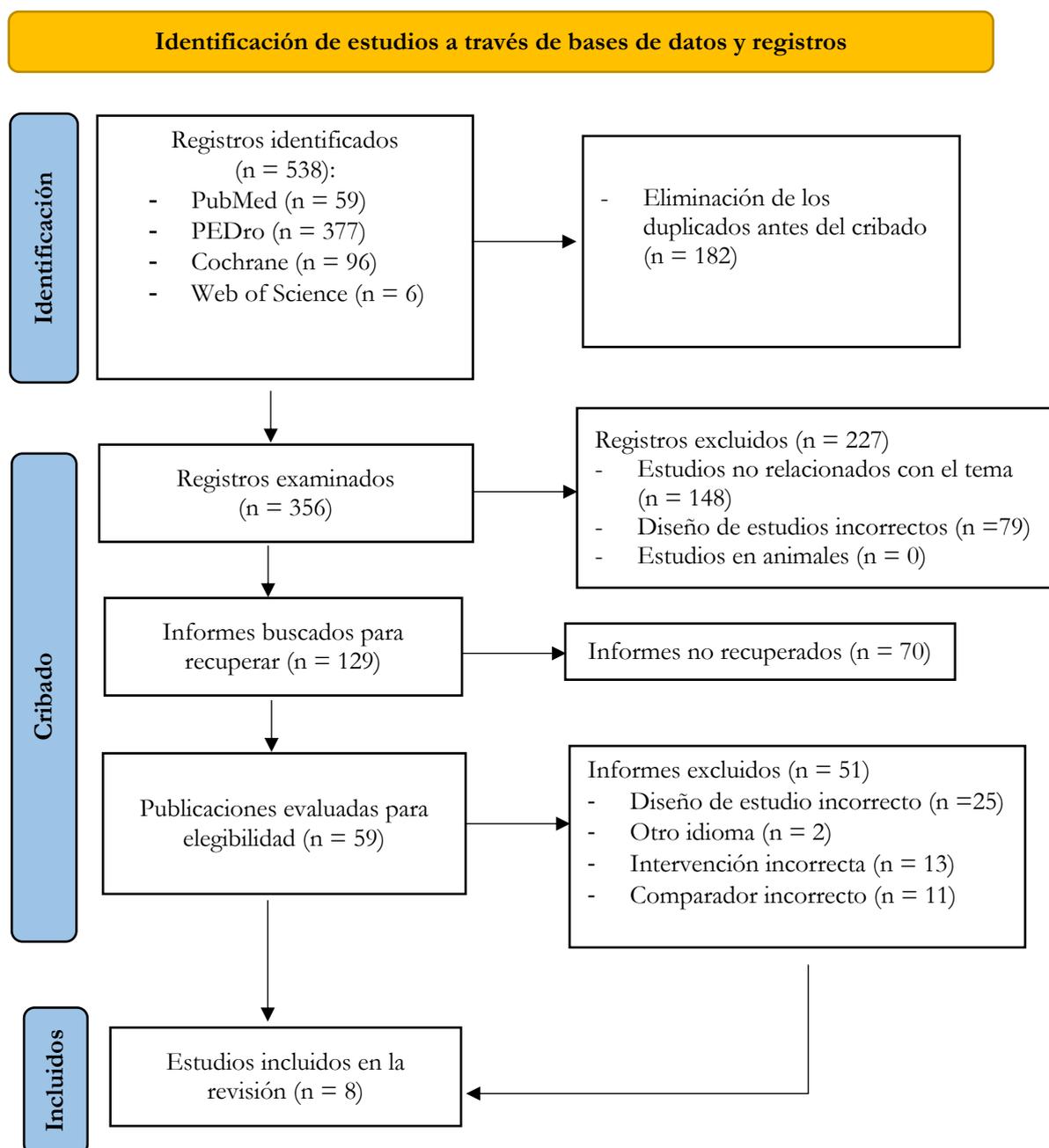
Se usó la herramienta de Cochrane (16) para evaluar el riesgo de sesgo en los artículos seleccionados. Se utiliza para determinar la calidad y confiabilidad de los estudios incluidos en una revisión sistemática. La herramienta evalúa diferentes dominios, como la generación de secuencias aleatorias, el ocultamiento de la asignación, el cegamiento de los participantes y el evaluador, entre otros. Cada dominio se clasifica en función del riesgo de sesgo, ya sea bajo, poco claro o alto (16).

#### **4.5 Extracción y síntesis de datos**

Se incluyó información detallada de cada artículo seleccionado. Esto incluye el nombre del primer autor y el año de publicación, el país donde se llevó a cabo el estudio, el diseño del estudio, el tamaño y las características de la muestra (como la edad, el deporte practicado, las horas de entrenamiento y la antropometría), así como las intervenciones control (placebo) y experimental (dosis de cafeína y forma de suplementación). También se registraron los parámetros medidos en los diferentes estudios y se compararon los resultados obtenidos en el grupo de intervención con los del grupo placebo.

## 5. Resultados

### 5.1 Selección de los estudios



**Figura 2.** Diagrama de flujo que representa el proceso de búsqueda y selección de los estudios que se incluyen en esta revisión, siguiendo las pautas establecidas por Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (11).

## **5.2 Evaluación de la calidad metodológica**

En la tabla 2 se evalúa la calidad metodológica de los estudios incluidos (17–24) mediante la escala PEDro (13). La mayoría cumplieron con los criterios, a excepción de los ítems 4, 7 y 9, relacionados con la comparabilidad inicial entre grupos, el cegamiento de los evaluadores y el análisis por intención de tratar, respectivamente. Las puntuaciones alcanzadas oscilaron entre 8 y 10 puntos sobre un máximo de 11. Particularmente, tres estudios (16,18,20) lograron una calificación excelente de acuerdo a esta herramienta, mientras que el resto obtuvo una valoración buena (18,20,22,23,24).

Los resultados de la tabla 3 corresponden a la aplicación de la escala MacMaster (14). Cabe destacar que todos los artículos (17–24) analizados alcanzaron la puntuación máxima permitida por este instrumento de 16 puntos. De acuerdo a los rangos establecidos, este puntaje ubica la calidad metodológica global de los estudios en el nivel excelente.

En síntesis, mediante ambas herramientas se pudo constatar que los artículos cumplieron en gran medida con los criterios de calidad evaluados, sin que se presentaran deficiencias mayores que pusieran en riesgo la validez de los resultados obtenidos.

**Tabla 2.** Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos – escala de PEDro (13).

<b>Estudio, Año</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>Total</b>	<b>%</b>	<b>Calidad.</b>
Ali et al., 2016, (17)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	<b>10</b>	<b>90.9</b>	<b>E</b>
Burke et al., 2021 (18)	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	<b>8</b>	<b>72.7</b>	<b>B</b>
Karayigit R et al., 2020 (19)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	<b>10</b>	<b>90.9</b>	<b>E</b>
Lara et al., 2019 (20)	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	<b>9</b>	<b>81.8</b>	<b>B</b>
Norum et al., 2020 (21)	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	<b>10</b>	<b>90.9</b>	<b>E</b>
Pirmohammadi et al., 2023 (22)	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	<b>8</b>	<b>72.7</b>	<b>B</b>
Romero et al., 2019 (23)	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	<b>9</b>	<b>81.8</b>	<b>B</b>
Stachnik et al., 2021 (24)	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	<b>8</b>	<b>72.7</b>	<b>B</b>

**Abreviaturas:** 0= criterio no cumplido; 1= criterio cumplido; E= Excelente; B= Bueno.

**Ítems de la escala PEDro** = 1: criterio de elegibilidad; 2: asignación aleatoria; 3: asignación oculta; 4: comparación inicial; 5: sujetos ciegos; 6: terapeuta ciego; 7: evaluadores ciegos; 8: seguimiento adecuado; 9: análisis por intención de tratar; 10: comparación entre grupos; 11: mediciones puntuales.

**Tabla 3.** Resultados de la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos – escala de MacMaster (14).

Estudio, Año	Item																Total	%	Calidad.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
Ali et al., 2016, (17)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Burke et al., 2021 (18)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Karayigit R et al., 2020 (19)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Lara et al., 2019 (20)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Norum et al., 2020 (21)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Pirmohammadi et al., 2023 (22)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Romero et al., 2019 (23)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E
Stachnik et al., 2021 (24)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	100	E

**Abreviaturas:** 0= criterio no cumplido; 1= criterio cumplido; E= Excelente; MB= Muy bueno; B= Bueno-

**Ítems de la escala McMaster:** 1: propósito del estudio; ítem 2: revisión de la literatura; ítem 3: diseño del estudio; ítem 4: cegamiento; ítem 5: descripción de la muestra; ítem 6: tamaño de la muestra, ítem 7: ética y consentimiento; ítem 8: validez de los resultados; ítem 9: confiabilidad de los resultados; ítem 10: descripción de la intervención; ítem 11: significación estadística; ítem 12: análisis estadístico; ítem 13: importancia clínica; ítem 14: conclusiones; ítem 15: implicaciones clínicas; ítem 16: limitaciones del estudio.

### 5.3 Evaluación del riesgo de sesgo

En la Tabla 4 se evalúa el riesgo de sesgo de los estudios incluidos (17–24) mediante la herramienta de Cochrane (16). Todos los artículos cumplieron con los criterios 5,6 y 8, que hacían referencia a seguimiento, al informe de los datos y al sesgo del observador, es decir, poseen un bajo riesgo de sesgo. Tres de los artículos (19,20,23) obtuvieron la máxima puntuación, mientras que el resto oscilan entre los 4 y 7 puntos. Estos resultados indican, que en general, no hay un alto riesgo de sesgo que pueda involucrar los resultados obtenidos en los diferentes estudios.

**Tabla 4.** Puntuación del sesgo de los estudios según la herramienta de Cochrane (16).

Primer autor, año de publicación y país	Ítems								T
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Ali et al., 2016, Nueva Zelanda (16)									4
Burke et al., 2021 (17)									4
Karayigit R et al., 2020, Suiza (18)									8
Lara et al., 2019, España (19)									8
Norum et al., 2020, Reino Unido (20)									7
Pirmohammadi et al., 2023, Reino Unido (21)									6
Romero et al., 2019, España (22)									8
Stachnik et al., 2020 (23)									5

**Abreviaturas:** T: total de ítems cumplidos por estudio; “+”: sesgo de bajo riesgo; “-”: alto riesgo de sesgo; “?”: incertidumbre acerca del potencial de sesgo o falta de información al respecto.

**Ítems de la herramienta Cochrane:** 1 = generación de secuencias aleatorias; 2 = ocultamiento de la asignación; 3 = cegamiento de los participantes; 4 = cegamiento del evaluador; 5 = seguimiento incompleto; 6 = informe de datos; 7 = sesgo de publicación; 8 = sesgo del observador.

#### **5.4 Características de los pacientes y de la intervención**

De los 8 estudios (17–24) incluidos en la tabla 5, las participantes eran todas mujeres deportistas o físicamente activas, concretamente: 241 mujeres participaron en total pertenecientes a deportes como fútbol (17,19), hockey (17), netball (17), voleibol (18), levantamiento de pesas (18,22), balonmano (19), rugby (19), triatletas (21), tenis de mesa (24) ciclismo (23), natación (23) o entrenaban de manera recreativa (20,22). Todos los estudios requerían un mínimo de entrenamiento semanal o experiencia en el deporte de varios años. La edad media oscilaba entre los 19 (18) a 31 años (21,23). El peso y talla eran heterogéneos entre los estudios, siendo en promedio unos 60-67 kg y 166-168 cm.

En cuanto a la intervención, en todos los estudios se comparaba la suplementación con cafeína preintervención vs placebo, administrándose la dosis por vía oral en cápsulas (17,18,20,21,24) o disgregada en líquidos (19,22,24). La dosis de cafeína fue en su mayoría de 3-6 mg/kg de peso corporal administrándose 60 minutos antes de las pruebas de rendimiento o ejercicio. Los periodos de lavado entre sesiones fueron de al menos 2 días (19,23) hasta 10 días (17).

#### **5.5 Evaluación de los resultados**

En la tabla 5 se analiza la información de cada uno de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Los resultados están divididos en cuatro categorías: rendimiento deportivo, que incluyen variables de potencia, fuerza y velocidad entre otros; marcadores de comportamiento cardiovascular que contemplan variables como la frecuencia cardiaca o la presión arterial; marcadores biológicos como la insulina o la glucosa y marcadores de percepción subjetiva, relacionados con la percepción del dolor, la estimulación o el esfuerzo.

**Tabla 5.** Estudios incluidos en la revisión sistemática del efecto de la suplementación con cafeína sobre mujeres deportistas.

Primer autor, año de publicación y país (referencia)	Diseño del estudio	Características de los participantes	Intervención	Parámetros valorados	Resultados GI vs. GC
<b>Ali et al., 2016, Nueva Zelanda (17)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.	10 mujeres (futbol, hockey y netball)	Toma de una muestra de sangre.	FMI	↔ FMI
		Entrenamientos: 2 a 6 sesiones por semana	Cápsula de gelatina entera (Vegie Capsules, BioBalance, Nueva Zelanda) que contenía 6 mg/kg de cafeína anhidra (Fluka SigmaAldrich, St Louis, MO) o placebo (edulcorante artificial, Equal) con un bolo de 500 ml de agua.	FMC	↔ FMC
		Edad: 24 ± 4 años		FME	↑*FME
		Altura: 166.4 ± 10.2 cm		PTC	↔ PTC
		Peso: 59.7 ± 3.5 kg		PTE	↑*PTE
		Consumo máximo de oxígeno: 50,0 ± 5,3 ml/kg·min	Ejercicio 60 min después: 6 bloques de 15 min de carrera en cinta rodante. Cada bloque consta de 6 etapas de carrera de 2 minutos a velocidades correspondientes al 40, 60, 80, 40, 60 y 80 % del VO2 máx, seguidas de 1 min al 60 % del VO2 máx y una caminata de 2 min (4 km·h <sup>-1</sup> ). Al final de cada bloque se realiza las pruebas de fuerza y potencia.	CMJ	↔ CMJ
		Anticonceptivo oral monofásico (Monofeme, Microgynon, Levlen ED o Nordette) de la misma composición hormonal (30 µg de etinilestradiol y 150 µg de levonorgestrel)		GLC	↔ GLC
			Periodo de lavado: 10 días.	Ins	↔ Ins
			Efectos secundarios: no.	AGL	↔ AGL
				FC	↔ FC
				VO2	↔ VO2
				%VO2 max	↔ %VO2 max
				USG	↔ USG
<b>Burke et al., 2021 (18)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego,	11 mujeres atletas universitarias (8 jugadoras de voleibol y 3 levantadoras de pesas)	Cápsulas de cafeína anhidra (W222402-1KG-K, Sigma-Aldrich, Saint Louis, MO, EE.UU.) con una dosis de 6 mg/kg en forma de pastilla	USG	↔ USG
				SRSS	↔ SRSS
				FC	↔ FC

	controlado con placebo.	Experiencia: 1,9 ± 1,2 años Edad: 19.7 ± 0.9 años Altura: 166.4 ± 10.2 cm Peso: 67.7 ± 9.4 kg Ingesta de cafeína diaria: 90,4 ± 85,7 Retiros del estudio: 0	o placebo (Splenda, Heartland Food Products Group, Carmel, IN, USA) junto con 250 ml de agua. 60 min antes de las pruebas de rendimiento. En las mismas condiciones ambientales y a la misma hora del día y día de la semana para ambas sesiones. Periodo de lavado: 7 días. Efectos secundarios: no.	PAS PAD TT SJH0 SJH20 CMJH0 CMJH20 FPI (FMI) FMIa RFD200	↑* PAS ↔ PAD ↔ TT ↑ SJH0 ↑ SJH20 ↑ CMJH0 ↑ CMJH20 ↔ FMI ↔ FMIa ↔ RFD200
<b>Karayigit et al., 2020, Suiza (19)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.	17 mujeres deportistas (10 jugadoras de rugby, 4 de balonmano y 3 de fútbol) Edad: 23 ± 2 años Altura: 168 ± 3 cm Peso: 64 ± 4 kg Experiencia en entrenamiento con resistencia: al menos 3 años. Ingesta habitual promedio de cafeína: 15 ± 4 mg/kg/día Retiros del estudio: 0	6 mg/kg/bm de cafeína proveniente del café (6COF), 3 mg/kg/bm de cafeína proveniente del café (3COF) y café descafeinado (PLA) antes del protocolo de ejercicio. 15 min en supino, mediciones HR, HRV, CF, LA, GLU, ingesta de la cafeína, una hora de reposo, ejercicio y mediciones. Duración: dos sesiones de familiarización y tres sesiones de protocolo. Periodo de lavado: 48-72h. Efectos secundarios: no.	RM EP HRV Flanker task LA GLC FC MP FA	↔ RM ↑ EP ↔ HRV ↑* Flanker Test ↑ LA ↔ GLC ↔ FC ↓ MP ↑ FA
<b>Lara et al., 2019, España (20)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado,	Trece mujeres triatletas. Edad: 31 ± 6 años	Día de antes: entrenamiento ligero, 60 min de ciclismo al 60% de su FC.	PTMx PTMe	<u>Fase folicular temprana:</u>

doble ciego, controlado con placebo.	Altura: 166 ± 6 cm	Dia de la prueba: 3h antes sin comer, 2h después ingiriendo 7 ml/kg de agua.	IF	↑*PTMx
	Peso: 58,6 ± 7,8 kg		LA	↑PTMe
	Grasa corporal: 14,5 ± 6,5 %	Ingestión de la cápsula (opaca y no identificable que contiene 3mg/kg de cafeína (Bulk Powders) o placebo (celulosa)) con 150 ml de agua y 60 min después calentamiento de 15 min y prueba de rampa máxima, 10 min de recuperación y después versión adaptada del test Wingate. Un minuto después se les saca sangre.	Borg	↔IF
	Consumo máximo de oxígeno: 48,1 ± 7,3 ml/kg·min		PT muscular autopercebida	↑LA
	Retiros del estudio: 0	Efectos secundarios: no.		↔Borg
				↔PT muscular autopercebida
				<u>Fase preovulatoria:</u>
				↑*PTMx
				↑PTMe
				↔IF
				↔LA
				↔Borg
				↔PT muscular autopercebida
				<u>Fase luteal media:</u>
				↑*PTMx
				↑PTMe
				↔IF
				↔LA
				↔Borg
				↔PT muscular autopercebida

<b>Norum et al., 2020, Reino Unido(21)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.	Quince mujeres caucásicas. Edad: 29,8 ± 5,5 años Altura: 165,8 ± 4,8 cm Peso: 63,8 ± 5,5 kg Grasa corporal: 17,7 ± 5,8 % Experiencia en entrenamiento: 7 ± 5 Retiros del estudio: 10	60 minutos antes de la prueba, se administraron como 150 ml (Concentrado cordial Fun Light© no calórico) de un frasco opaco. Para preparar el tratamiento con cafeína, se disolvieron 4 mg·kg <sup>-1</sup> de cafeína anhidra (cafeína, ReagentPlus®, SigmaAldrich) en el seguido inmediatamente por otros 150 ml de cordial.  Efectos secundarios leves: Solo 3 de los 15 participantes experimentaron efectos secundarios, como temblores y palpitaciones cardíacas.	CMJ cm	↑CMJ cm
				CMJ (W)	↑*CMJ (W)
				CMJ (N)	↔CMJ (N)
				FMI	↑FMI
				MVC (%)	↔MVC
				MVC RFDmax	↔MVC RFDmax
				MVC 100ms	↔MVC 100ms
				1RM sentadilla	↑1RM sentadilla
				RTF sentadilla	↑*RTF sentadilla
				RPE sentadilla	↔RPE sentadilla
				PP post-sentadilla	↔PP post-sentadilla
				1RM press-banca	↑1RM press-banca
				RTF press banca	↑RTF press banca
RPE press banca 10 reps	↑RPE press banca 10 reps				
PP post-press banca	↔PP post-press banca				
<b>Pirmohammadi et al., 2023, Reino Unido (22)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.	Dieciocho mujeres deportistas (tenis de mesa). Edad: 20,50 ± 3,05 Altura (cm): 165,16 ± 5,00 Peso (kg): 56,83 ± 6,50	3 grupos: masticar chicle con cafeína (CG), enjuague bucal con café (CMR) y cápsula placebo (PLA), las participantes recibieron aleatoriamente una de las 3 condiciones.	Agilidad (test de Edgren)	↑Agilidad (test de Edgren)
				Velocidad de movimiento de la mano	↑ Velocidad de movimiento de la mano

<p>IMC (kg/m<sup>2</sup>): 20,83 ± 2,44</p> <p>Experiencia en entrenamiento: 3 años</p> <p>Retiros del estudio: 0</p>	<p>- CG: cafeína (MEG – Military Energy Gum fabricado en EE. UU) a través de chicle, 100 mg de cafeína 10 minutos antes de comenzar las pruebas.</p> <p>- CMR: 4 enjuagues bucales con café espresso (Zigma20 bar RL333N) (25 ml cada uno) que contenían unos 240 mg de cafeína en total, a los 10, 5 y 0 minutos antes de comenzar y a los 5 minutos después de las pruebas cognitivas y de habilidad.</p> <p>- PLA: cápsula que contenía 5 g de almidón 45 minutos antes.</p> <p>Periodo de lavado: 1 semana entre cada condición.</p> <p>Efectos secundarios: no.</p>	<p>Velocidad de movimientoS</p> <p>Coordinación oculomanual (HWTT)</p> <p>PT MMII (test de salto vertical de Sargent)</p> <p>PT MMSS (balón medicinal)</p> <p>FMI presión manual</p> <p>Prueba de servicio</p> <p>Prueba de golpe de revés plano</p> <p>Prueba de contraataque</p> <p>Prueba de drive de derecha</p> <p>Velocidad de procesamiento cognitivo (test de reconocimiento de colores)</p>	<p>↑ Velocidad de movimiento</p> <p>↑* Coordinación oculomanual (HWTT)</p> <p>↑ PT MMII (test de salto vertical de Sargent)</p> <p>↔ PT MMSS (balón medicinal)</p> <p>↑ FMI presión manual</p> <p>↑ Prueba de servicio</p> <p>↔ Prueba de golpe de revés plano</p> <p>↔ Prueba de contraataque</p> <p>↑ Prueba de drive de derecha</p> <p>↑* Velocidad de procesamiento cognitivo (test de reconocimiento de colores)</p>
---	--	--	---

<b>Romero et al., 2019, España (23)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo	Trece mujeres deportistas (carrera, ciclismo y natación) E.dad = 31 ± 6 años Masa corporal = 58,6 ± 7,8 kg Altura corporal = 1,66 ± 0,06 m Porcentaje de grasa corporal = 14,5 ± 6,5% Retiros del estudio: 0	Las participantes ingerían en ayunas y de forma aleatoria una cápsula opaca que contenía 3 mg/kg de masa corporal de cafeína pura al 100% (marca comercial Bulk Powders, UK) o un placebo inerte (cellulosa pura al 100%, marca comercial Guinama, España). 60 minutos después → media sentadilla en máquina Smith a velocidad máxima con cargas equivalentes al 20%, 40%, 60% y 80% RM.  En cada fase del ciclo menstrual se realizaron dos sesiones separadas 48 horas.  Periodo de lavado: 48 horas.  Efectos secundarios: no.	VM 20% RM VM 40% RM VM 60% RM VM 80% RM VP 20% RM VP 40% RM VP 60% RM VP 80% RM	<u>Fase solicular temprana (EFP):</u> ↑ VM 20% RM ↑ VM 40% RM ↑ VM 60% RM ↔ VM 80% RM ↑ VP (20% RM) ↑ VP 40% RM ↔ VP 60% RM ↔ VP 80% RM <u>Fase folicular tardía (LFP):</u> ↔ VM 20% RM ↑ VM 40% RM ↔ VM 60% RM ↔ VM 80% RM ↑ VP 20% RM ↑ VP 40% RM ↑ VP 60% RM ↔ VP 80% RM <u>Fase luteal media (MLP):</u> ↑ VM 20% RM ↑ VM 40% RM
---	--	---	---	--	---

					<p>↑VM 60% RM</p> <p>↔ VM 80% RM</p> <p>↔ VP 20% RM</p> <p>↔ VP 40% RM</p> <p>↔ VP 60% RM</p> <p>↔ VP 80% RM</p>
<b>Stachnik et al., 2021, Polonia (24)</b>	Ensayo cruzado aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.	12 mujeres deportistas de resistencia (no específica deporte) Edad: 23.3 ± 0.8 años Altura: 166.6 ± 4.8 cm Peso: 60.7 ± 5.7 kg Porcentaje de grasa: 20.0 ± 2.7% Experiencia en entrenamiento con resistencia: 2.9 ± 0.8 años Ingesta habitual promedio de cafeína: 5.7 ± 2 mg/kg/día Retiros del estudio: 0	Cafeína: Cápsulas comerciales de cafeína (Olimp Laboratories, Dębica, Polonia). Placebo: Cápsulas idénticas, pero sin cafeína rellenas con harina común Dosis: 3 mg/kg o 6 mg/kg de cafeína vs. Placebo. Vía de administración: Oral, 60 minutos antes del ejercicio. Duración: Aguda, una sola toma Protocolo de ejercicio: 3 series de 3 repeticiones del press de banca al 50% de 1RM. Periodo de lavado: Mínimo 3 días entre sesiones experimentales. Efectos secundarios: no	MV MXV Test de Fisher	<p>↔MV CAF-3</p> <p>↑*MV CAF-6</p> <p>↔MXV CAF-3</p> <p>↑*MXV CAF-6</p> <p>↑Test de Fisher</p>

**Símbolos:** ↔: sin cambio significativo; ↑: incremento no significativo; ↓: disminución no significativa; ↑\*: incremento significativo; ↓\*: disminución significativa.

**Abreviaturas:** **FMI:** Fuerza máxima isométrica **FMC:** Fuerza máxima concéntrica. **FME:** Fuerza máxima excéntrica. **PTC:** Potencia en fase concéntrica. **PTE:** Potencia en fase excéntrica. **CMJ:** salto contramovimiento vertical. **GLC:** Glucosa en sangre, **INS:** Insulina. **AGL:** Ácidos grasos libres. **FC:** Frecuencia cardíaca. **VO2:** Consumo de oxígeno. **%VO2 max:** intensidad relativa durante el protocolo. **USG:** Gravedad específica de la orina. **SRSS:** Short recovery and stress scale. **PAS:** Presión arterial sistólica. **PAD:** Presión arterial diastólica. **TT:** Temperatura timpánica. **SJH0:** Salto vertical sin carga. **SJH20:** Salto vertical con carga de 20 kg. **CMJH0:** Contramovimiento vertical sin carga. **CMJH20:** Contramovimiento vertical con carga de 20 kg. **FMIa:** escalación alométrica de la fuerza isométrica máxima de la masa corporal. **RFD 200m:** Tasa de desarrollo de fuerza en una distancia de 200 metros. **MV:** Velocidad media de la barra. **MXV:** Velocidad máxima de la barra. **RM:** Resistencia muscular. **EP:** Resistencia muscular. **HRV:** Variabilidad de la frecuencia cardíaca. **Flanker task:** Tarea de interferencia cognitiva. **LA:** Lactato en sangre. **MP:** Percepción del dolor muscular. **FA:** Estimulación subjetiva. **PTMx:** Potencia máxima. **PTMe:** potencia media. **IF:** índice de fatiga. **MVC:** Nivel de activación muscular. **MVC 100ms:** Fuerza generada en los primeros 100 milisegundos de una contracción voluntaria máxima. **RTF:** repeticiones hasta el fallo. **PP:** dolor percibido **1RM:** Máxima carga que puede levantar un individuo en una repetición del ejercicio de sentadilla.. **RPE:** Percepción subjetiva del esfuerzo. **VM:** velocidad media. **VP:** Velocidad máxima.

### 5.5.1 VARIABLES DE RENDIMIENTO DEPORTIVO

Los principales marcadores de rendimiento deportivo valorados en esta revisión sistemática y que se muestran en la tabla 5 fueron:

- Los estudios sobre fuerza máxima isométrica (FMI), concéntrica (FMC) y excéntrica (FME) mostraron resultados mixtos, ya que algunos no encontraron cambios significativos (17,18), mientras que otros informaron mejoras en ciertas variables (17,21,22)
- En las pruebas de una repetición máxima (RM) también hubo resultados mixtos, con un estudio que no encontró cambios significativos (19) y otro que sí los encontró (21).
- Se observó un aumento en la resistencia muscular en el tren inferior en algunos estudios (19,21).
- En cuanto a los saltos contramovimiento verticales (CMJ), en general se encontraron mejoras significativas después de la ingesta de cafeína (18,21), aunque hubo un estudio que no encontró efectos en una de las variables (17).
- Se observaron diferencias en la velocidad de movimiento, tanto en velocidad media (MV), como en velocidad máxima (MXV) en función de la ingesta de cafeína en algunos estudios (22,23,24), aunque otras variables no mostraron cambios significativos (23).
- No se reportaron aumentos significativos en la fuerza máxima voluntaria en los parámetros de fuerza a nivel de activación muscular (MVC) (24).
- La suplementación con cafeína se asoció con mejoras significativas en la capacidad de potencia en algunos estudios (17,20,22), aunque otros no encontraron cambios (18,21,22).
- No se observaron variaciones significativas en los índices de fatiga (IF) (20).
- El estudio que evaluó la agilidad y coordinación encontró beneficios significativos de la cafeína (22).
- Los estudios que midieron la velocidad de procesamiento cognitivo reportaron una mejora significativa (19,22).
- Se observaron mejoras en algunos gestos deportivos, mientras que no hubo cambios en otros (22).
- En cuanto al lactato (LA), dos estudios encontraron aumentos en los niveles (19,20), aunque uno de ellos solo observó cambios en una fase del ciclo menstrual (20).
- La intensidad relativa durante el protocolo (%VO<sub>2</sub> max) tampoco pareció verse afectada por la intervención con cafeína (17).

### 5.5.2 VARIABLES CARDIOVASCULARES

De las variables cardiovasculares que fueron evaluadas en esta revisión sistemática como se observa en la tabla 5:

- En cuanto a la frecuencia cardíaca (FC), la mayoría de los estudios no observó cambios significativos después de la suplementación con cafeína, tanto en la frecuencia cardíaca en sí (17–19) como en la variabilidad de la frecuencia cardíaca (19).
- En relación con el consumo de oxígeno (VO<sub>2</sub>), tampoco se reportaron variaciones significativas después de la ingesta de cafeína (17).

- En cuanto a la presión arterial sistólica (PAS), solo un estudio encontró un aumento en la PAS después de la suplementación con cafeína (18).
- No se observaron variaciones en la presión arterial diastólica (PAD) después de la suplementación con cafeína (18).

### 5.5.3 Variables biológicas

De las variables metabólicas que se valoraron en los estudios incluidos en esta revisión sistemática que se ven en la tabla 5:

- En cuanto a los niveles séricos de insulina (Ins), no se encontraron variaciones después de la ingesta aguda de cafeína (17).
- En relación a la glucosa (GLU), la mayoría de los estudios no reportaron cambios significativos en los niveles de glucosa en sangre después de la suplementación con cafeína (17,19).
- No se observaron diferencias en los niveles de ácidos grasos libres (AGL) entre la ingesta de cafeína y el placebo a lo largo del tiempo (17).
- No se encontraron diferencias significativas en la gravedad específica de la orina (USG) en ninguno de los artículos evaluados (17,18).
- No se encontraron hallazgos significativos en cuanto a la temperatura timpánica (TT) (18).

### 5.5.4 Variables de percepción subjetiva

Respecto a las variables subjetivas evaluadas en esta revisión sistemática y que se muestran en la tabla 5:

- Con respecto a la percepción del dolor muscular (MP), un estudio informó una disminución de la percepción del dolor muscular, mientras que otro estudio no encontró cambios (19,20).
- En cuanto a la estimulación subjetiva (FA), solo un estudio reportó un aumento significativo en la FA después de la ingesta de cafeína (19).
- Dos estudios (20,21) evaluaron la percepción subjetiva del esfuerzo y la percepción subjetiva de la potencia muscular, y no encontraron cambios significativos.
- No se observaron cambios en la escala de recuperación y estrés (18).
- Según el test de Fisher, se encontró un aumento en la percepción de mejora del rendimiento (24).

## 6. **Discusión**

El objetivo de esta revisión sistemática fue realizar una evaluación crítica sobre los efectos de la suplementación con cafeína en mujeres físicamente activas. Se seleccionaron ocho estudios (17–24) que cumplieran los criterios de inclusión. En general, se encontró que la suplementación con cafeína mejoró los parámetros de fuerza muscular. Sin embargo, los resultados en cuanto a los parámetros de rendimiento deportivo fueron heterogéneos. Algunos estudios encontraron mejoras en indicadores de potencia y explosividad muscular, como los saltos verticales. Además, se observó que la cafeína podría retrasar la fatiga muscular y

favorecer los niveles de lactato, lo que podría prolongar la capacidad de producir energía anaeróbica. No se encontraron cambios significativos en las variables cardiovasculares ni en los niveles de glucosa sérica. También se señala la importancia de considerar el estado menstrual, ya que algunos estudios reportaron diferencias en la respuesta muscular según la fase del ciclo.

### **6.1 Variables de rendimiento deportivo**

La fuerza y la potencia son atributos físicos clave para el éxito en muchas modalidades deportivas como deportes de equipo, atletismo o deportes de combate. Mejorar la fuerza máxima, la resistencia muscular, la velocidad de contracción y la potencia generada son aspectos fundamentales para mantener un alto rendimiento competitivo (25). Por ello todos los artículos escogidos en esta revisión sistemática valoraban parámetros relacionados con el rendimiento deportivo.

La cafeína produce efectos ergogénicos tanto en el rendimiento físico como cognitivo de los deportistas. Estos efectos se atribuyen principalmente a la capacidad de la cafeína de bloquear los receptores de adenosina en el sistema nervioso central y periférico. A nivel neuromuscular, el bloqueo de los receptores de adenosina potencia la activación neuromuscular y aumenta la disponibilidad de calcio en el citoplasma, mejorando la actividad contráctil (26). También se produce un aumento del reclutamiento de las unidades motoras y una mejora en la coordinación intramuscular e intermuscular (27). Esto se traduce en aumentos observados en la fuerza máxima, la resistencia muscular y la capacidad de generar potencia, como se evidenció en varios de los estudios incluidos.

El estudio realizado por Ali et al. (17) midió en gran parte parámetros relacionados con el rendimiento deportivo, como la fuerza y la potencia. Se encontró que, en la fase excéntrica del movimiento, hubo un aumento significativo en la fuerza de los flexores de rodilla, y también se observó una tendencia al aumento en los extensores. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas en la fuerza durante las fases concéntrica e isométrica.

En cuanto a la medición de la potencia, se utilizó el pico de fuerza (peak troke) o par máximo, que consiste en tomar el valor más alto de cinco contracciones. En este caso, se observó un aumento significativo en la potencia tanto en los flexores como en los extensores, pero solo durante la fase excéntrica. No se encontraron cambios significativos durante la fase concéntrica.

En el estudio de Norum et al. (21) la fuerza isométrica máxima aumentó significativamente la fuerza de extensión de la rodilla. El nivel de activación muscular no tubo diferencias con el café, posiblemente debido al alto nivel basal de activación en las participantes. En la tasa de desarrollo de la fuerza (RFD) tampoco hubo diferencia, aunque la alta variabilidad podría ocultar un posible efecto. Respecto a la resistencia muscular, aumentó las repeticiones hasta fallo en ambos ejercicios, squat y press de banca, mejorando la capacidad de producir fuerza de forma repetida.

Además, la cafeína inhibe la enzima fosfodiesterasa, lo que lleva a un aumento de los niveles de AMPc intracelular. Esto a su vez promueve la movilización de calcio desde el retículo sarcoplásmico, potenciando la actividad contráctil de las fibras musculares (26). Este mecanismo podría explicar las mejoras observadas en parámetros como la altura del salto vertical y la velocidad de movimiento de la barra en ejercicios de fuerza.

Ali et al. (17), evaluó el salto vertical contramovimiento, y se encontró que la ingesta de cafeína no tuvo ningún efecto en la altura alcanzada en el salto. Es decir, no se observó un incremento significativo en comparación con el placebo.

Sin embargo, tanto la altura del salto como la potencia estimada disminuyeron significativamente a medida que avanzaba el protocolo de ejercicio intermitente. Estas disminuciones fueron más evidentes entre la medición previa al ejercicio y las mediciones realizadas después de cada bloque de ejercicio. Podría ser debido al agotamiento causado por el protocolo de ejercicio.

Por otro lado, Burke et al. (18) también realizó mediciones relacionadas con las variables de rendimiento deportivo, estas constaron de saltos de cuclillas sin peso (SJH0) y con una barra de 20 kg (SJH20) y saltos verticales contramovimiento sin peso (CMJH0) y con una barra de 20 kg (CMJH20), en todas estas variables se apreciaron pequeños aumentos de la capacidad de salto.

En el estudio de Norum et al. (21) se pudo observar que en el salto contra movimiento el café aumentó significativamente la altura del salto y la potencia máxima. Esto sugiere que mejora el rendimiento de potencia y saltabilidad.

Otro de las variables que Ali et al. (17) también valoró fue la capacidad de consumo de oxígeno y la intensidad relativa durante el protocolo, pero en ninguna se encontraron cambios significativos entre ambos grupos.

Dentro de las variables medidas por Burke et al. (18), midió low tirones isométricos a mitad de muslo, donde primero se les pedía mantener la postura de manera isométrica y después tras una señal verbal realizar un tirón con la máxima fuerza posible. En ambas no se encontraron diferencias significativas. Por último, se midió la tasa media de desarrollo de la fuerza de 0 a 200 ms para el análisis, donde tampoco se obtuvieron diferencias significativas.

Stachnik et al. (24), valoró la mejora en el ejercicio de press banca. Para ello realizó 3 series de 3 repeticiones al 50% de la repetición máxima (RM), valorando la velocidad media de la barra (sacando la media de las tres repeticiones) y la velocidad máxima de la barra (cogiendo la mejor repetición de cada serie). Se encontraron estos resultados, solo la ingesta aguda de 6 mg/kg de cafeína tuvo un beneficio estadísticamente significativo en la velocidad de barra durante el ejercicio de press de banca en mujeres habitadas a la cafeína. Específicamente, se observó un aumento en la velocidad máxima y media después de la ingesta de 6 mg/kg de cafeína en comparación con la condición de control sin cafeína. Una dosis de 3 mg/kg de cafeína no produjo diferencias significativas en la velocidad de barra, probablemente debido a que esta dosis estaba por debajo de la ingesta diaria habitual de cafeína de las participantes.

Mientras, Karayigit et al. (19), midió los parámetros de fuerza a través de la RM y de la resistencia muscular. En la prueba de RM se valoraron el ejercicio de sentadilla y de press banca, en ambas, no hubo diferencias significativas entre la primera y la segunda sesión de familiarización. En la resistencia muscular tanto 3 mg/kg de cafeína como 6 mg/kg de cafeína mejoraron la resistencia muscular de la parte inferior del cuerpo en el primer set, pero no se vieron efectos en la resistencia muscular superior, aunque hubo una ligera tendencia positiva para 6 mg/kg cafeína vs PLA en el primer set. Los efectos benéficos parecen centrarse en la parte inferior del cuerpo.

En el estudio de Norum et al. (21) en 1RM aumentó significativamente el 1RM tanto en squat como press de banca, lo que demuestra una mayor fuerza máxima dinámica.

Por último, en el estudio de Romero et al (23), se estudia la velocidad media y máxima de sentadilla con diferentes porcentajes de peso en función de la RM de las deportistas y en sus diferentes fases del ciclo menstrual. Es cierto que los resultados muestran algunas diferencias en el efecto de la cafeína sobre la velocidad de movimiento dependiendo de la fase del ciclo menstrual y de la carga utilizada durante el ejercicio. En cuanto a la velocidad media, efectivamente la cafeína produjo aumentos similares en todas las fases del ciclo para la mayoría de las cargas, excepto en el 80% de la RM. Este dato podría sugerir que, a mayores cargas cercanas al umbral de fuerza máxima, el efecto ergogénico de la cafeína se atenúa o anula. En el caso de la velocidad pico, los resultados también mostraron algunas diferencias dependiendo de la fase menstrual. Así, en la fase luteal media no se observaron cambios significativos tras la ingesta de cafeína, mientras que en las otras dos fases (folicular temprano y tardío) sí hubo aumentos en varias cargas.

En el estudio de Lara et al. (21), se muestra que a cafeína incrementó de forma significativa la potencia máxima en las 3 fases estudiadas (folicular temprana, preovulatoria y luteal media). Esto sugiere que la cafeína tiene un efecto ergogénico sobre la potencia máxima anaeróbica en mujeres, de manera independiente a la fase del ciclo menstrual. Respecto a la potencia media, también se observó un aumento significativo tras la ingesta de cafeína en las tres fases, siendo el tamaño del efecto pequeño. También hay que añadir que el índice de fatiga se calcula como la diferencia entre la potencia máxima y mínima dividida entre la potencia máxima. Es un indicador de la capacidad de mantener la potencia a lo largo del esfuerzo. Los resultados del estudio no mostraron ningún efecto significativo de la ingesta aguda de cafeína sobre el índice de fatiga calculado, en ninguna de las tres fases del ciclo menstrual estudiadas. Esto sugiere que, aunque la cafeína mejora la potencia máxima alcanzada, no parece afectar de forma significativa a la capacidad de mantener dicha potencia a lo largo de los 15 segundos del test de Wingate.

En el estudio de Pirmohammadi et al. (22), los resultados de las pruebas funcionales mostraron que la agilidad, la velocidad de movimiento y la velocidad de movimiento de manos mejoraron significativamente con la cafeína mediante enjuague bucal con cafeína (CMR) y chicle con cafeína (CG) en comparación con el placebo. Asimismo, solo el CMR mejoró significativamente la coordinación ojo-mano en comparación con el placebo. Por otra parte, tanto el CMR como el CG aumentaron significativamente el poder explosivo de las extremidades inferiores vs placebo. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en el poder explosivo de extremidades superiores entre las condiciones, ni en la fuerza isométrica de manos en el grupo CG, mientras que en la condición de CMR sí hubo un aumento significativo. En este estudio también se valorar los gestos deportivos, encontrando solo mejorías en la precisión de la prueba de servicio y en el drive de derecha, mientras que en la prueba del revés y en el contraataque no se encuentran diferencias estadísticamente significativas.

La suplementación con cafeína en deportes conlleva un aumento de la producción de lactato sanguíneo durante la práctica de estos. Esto se debe a dos mecanismos principales: 1) la cafeína bloquea los receptores de adenosina, lo que inhibe su acción inhibitoria sobre la enzima fosfofructoquinasa, clave en la vía glucolítica, potenciando así la glucólisis y la consiguiente producción de lactato; y 2) la cafeína aumenta el reclutamiento de fibras musculares tipo II, las cuales se caracterizan por una mayor dependencia del metabolismo glucolítico, contribuyendo

también a elevar los niveles de lactato sanguíneo durante el ejercicio en deportes de combate (27).

En el estudio de Karayigit et al. (19), aunque la ingesta de café aumentó los niveles de lactato en general (efectos principales de la condición), sólo los 6 mg/kg de cafeína lo hizo de forma específica después de las sentadillas, mientras que ambas dosis lo elevaron significativamente tras el protocolo completo. Esto sugiere un mayor esfuerzo físico soportado con 6 mg/kg de cafeína durante las sentadillas. En el estudio de Lara et al. (20), se concluyó que se observó un efecto principal de la cafeína sobre las concentraciones de lactato post-Wingate tras la cafeína en la fase folicular. Sin embargo, este aumento significativo sólo se dio en la fase folicular, no encontrándose diferencias significativas entre cafeína y placebo en las fases preovulatoria y luteal. Aunque no alcanzó la significación estadística, la cafeína tuvo un efecto de tamaño pequeño en aumentar el lactato en las otras dos fases.

Por último, se puede incluir la parte cognitiva dentro del rendimiento deportivo. A nivel cognitivo, el bloqueo de los receptores de adenosina favorece la liberación de neurotransmisores excitadores como la dopamina y la noradrenalina, mejorando funciones como la atención y el estado de alerta (26).

Karayigit et al. (19), mide la precisión de respuesta y el tiempo de reacción para las tareas congruentes e incongruentes en los diferentes momentos de evaluación y tratamientos. Se encuentran los siguientes resultados: Para la precisión de respuesta no hubo diferencias significativas entre tratamientos ni en la tarea congruente ni incongruente. En el tiempo de reacción de la tarea congruente se encontraron efectos principales significativos para la condición (tratamiento) y el tiempo, así como una interacción condición-tiempo. El post-hoc mostró que el 6 mg/kg fue significativamente más rápido que el PLA. En el tiempo de reacción de la tarea incongruente también hubo efectos principales de la condición y el tiempo, así como una interacción condición-tiempo. El post-hoc reveló que tanto el 3 mg/kg como el 6 mg/kg fueron significativamente más rápidos que el PLA. En resumen, las dosis de 3 y 6 mg/kg de café mejoraron el rendimiento cognitivo al reducir los tiempos de reacción, sobre todo en la prueba post-ingesta de café y post-test, sin afectar la precisión.

A su vez en el estudio de Pirmohammadi et al. (22), describe que la pista de juego se dividió longitudinalmente en 5 colores de manera igual, y la participante debía responder a las bolas lanzadas en color aleatorio golpeándolas al área de la pista del mismo color dentro de un tiempo de 25 segundos. Los resultados mostraron un efecto principal significativo de la condición en la función cognitiva. En concreto, señala que el rendimiento cognitivo fue significativamente superior en la condición de CG y en la de CMR en comparación con la condición placebo. Sin embargo, no hubo diferencia significativa entre CMR y CG.

## **6.2 Variables cardiovasculares**

En gran parte de los artículos incluidos en esta revisión sistemática se miden las variables cardiovasculares. Tanto Ali et al. (17), como Burke et al. (18) no encontraron diferencias significativas entre el grupo placebo y el grupo intervención en la frecuencia cardíaca de los participantes.

Burke et al. (19) midió la frecuencia cardíaca en 3 momentos diferentes de las pruebas, y aunque no se encontraron diferencias entre ambos grupos, si se encontraron efectos significativos del tiempo sobre la frecuencia cardíaca (aumentos desde T1 hasta T3 tanto en la condición de placebo como cafeína).

En el estudio de Karayigit et al. (19), se observó que la ingesta aguda de café con diferentes dosis de cafeína no tuvo un efecto significativo sobre la frecuencia cardíaca basal ni alteró su patrón de variación durante la sesión. Por otro lado se midió la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) en 3 momentos: pre-café (antes de la ingesta), post-café (60 minutos después) y post-test (inmediatamente después de la prueba de resistencia). Los resultados muestran que ninguna de las dosis de café (3 mg/kg y 6 mg/kg de cafeína) provocó cambios significativos en los marcadores de HRV en comparación con el placebo (PLA). Esto sugiere que el café no alteró de forma negativa el control autonómico cardíaco.

Respecto a la presión arterial, Burke et al. (18) lo incluyó en su estudio. Aquí se pudo comprobar un aumento significativo de la presión arterial sistólica, mientras que no hubo diferencias significativas entre ambas condiciones para la presión arterial diastólica. Sin embargo, para la PAD, al analizar los cambios intra-condición, se observó un aumento significativo de esta desde T1 hasta T2 después de la ingesta de cafeína (a los 60 minutos), el cual no se encontró con el placebo. En resumen, la cafeína aumentó significativamente tanto la PAS como la PAD en comparación con los valores basales, aunque solo la PAS fue estadísticamente mayor que el placebo. La PAD no mostró diferencias significativas entre condiciones.

### **6.3 Variables biológicas**

A nivel biológico y metabólico, la cafeína maximiza la actividad glucolítica al aumentar la actividad de la enzima fosfofructoquinasa, lo que resulta en un mayor aporte de energía durante el ejercicio (26).

El estudio realizado por Ali et al. (17) midió las concentraciones de insulina donde no se vieron afectadas por la suplementación con cafeína. Asimismo, no se observó huno ningún efecto sobre la concentración de ácidos grasos libres.

El estudio realizado por Ali et al. (17) midió las concentraciones de glucosa en plasma, donde no se encontraron cambios significativos. También en el estudio de Karayigit et al. (19) se midió también la glucosa donde se puede concluir que la ingesta aguda de café con diferentes dosis de cafeína (3 y 6 mg/kg) no afectó los niveles basales de glucosa sanguínea de las participantes, ni variaron su perfil de forma diferencial a lo largo del protocolo en función del tratamiento recibido. Los valores de glucosa se mantuvieron estables independientemente de la condición.

Por último, en la gravedad específica de la orina tampoco se encontraron diferencias entre las pruebas o entre el pre-ejercicio y el post-ejercicio. Burke et al. (18), también evaluó la hidratación antes de las pruebas y para ello consideró la USG, pero tampoco se encontraron cambios significativos.

La temperatura timpánica (TT) fue evaluada por Burke et al. (18) donde no hubo diferencias significativas en los valores de TT entre las condiciones placebo vs cafeína en ninguno de los tiempos de medición. Sin embargo, al analizar los cambios intra-condición, se observó un

aumento significativo de la TT desde T1 hasta T3 luego del ejercicio tanto en la condición placebo como en la cafeína.

#### **6.4 Variables de percepción subjetiva**

Al igual que a nivel cognitivo, por el mismo mecanismo fisiológico también hay beneficios y mejoras en el estado de ánimo y en la percepción del esfuerzo (26).

Burke et al. (17), realizaron una serie de cuestionarios al inicio que incluían un historial de salud, fase del ciclo menstrual, duración del sueño, ingesta habitual de cafeína, información general sobre el deporte y el SRSS, que es una escala que valora el estrés y la recuperación. En ninguno de estos se encontraron cambios significativos.

Stachnik et al. (24) realizó el test de Fisher esta prueba se utilizó para evaluar la asociación entre la dosis de cafeína ingerida (placebo, 3 mg/kg, 6 mg/kg) y la presencia de efectos secundarios reportados por las participantes. Se obtuvieron los siguientes resultados, una asociación estadísticamente significativa y moderada entre la dosis de cafeína ingerida y la percepción de mejora del rendimiento inmediatamente después del ejercicio. También hubo una asociación significativa entre la dosis y el aumento de la vigorosidad/actividad inmediatamente después del ejercicio. Mientras que no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas en los demás efectos secundarios reportados inmediatamente o 24 horas después.

Karayigit et al. (19), estudió tanto la percepción del dolor como la excitación subjetiva. Donde se puede concluir que la ingesta de 6 mg/kg de cafeína proveniente del café redujo transientemente la percepción del dolor muscular específicamente tras el ejercicio de fuerza para las piernas, pero no tuvo un efecto sobre la percepción del dolor general ni en el ejercicio de fuerza para la parte superior del cuerpo. En lo relacionado a la excitación subjetiva tanto la dosis baja (3 mg/kg) como la moderada (6 mg/kg) de cafeína proveniente del café aumentaron los niveles autoinformados de excitación subjetiva, en comparación con la ingesta de café descafeinado. Este efecto de la cafeína en aumentar la excitación puede haber contribuido a mejorar el rendimiento muscular y cognitivo observado en el estudio.

Lara et al. (20), se observa que la cafeína no tuvo efecto sobre la puntuación en la escala de Borg para medir la percepción de esfuerzo. Tampoco hubo diferencias entre cafeína y placebo en la puntuación de la escala de la percepción subjetiva de potencia muscular. Estos resultados indican que a pesar de mejorar el rendimiento objetivo en el test de Wingate, la cafeína no alteró la percepción subjetiva del esfuerzo ni de la potencia muscular de las participantes. Por lo tanto, los autores concluyen que a una dosis de 3mg/kg, la cafeína mejora el rendimiento físico en el test de Wingate de forma objetiva, sin afectar a la percepción subjetiva de las variables relacionadas con el esfuerzo.

#### **6.5 Limitaciones**

Las principales limitaciones encontradas en los estudios incluidos en esta revisión sistemática fueron las siguientes:

Uno de los aspectos importantes a señalar es que la mayoría de los estudios contaron con tamaños muestrales reducidos, entre 10 y 17 participantes. Esto limita la posibilidad de generalizar los resultados a otras poblaciones, siendo necesarias muestras mayores para extraer

conclusiones más definitivas. Adicionalmente, la población estudiada fue relativamente homogénea, comprendiendo principalmente mujeres jóvenes y deportistas entrenadas. Faltan investigaciones en otros rangos de edad y niveles de entrenamiento que permitan conocer la influencia de estos factores.

Otra limitación fue la escasa caracterización del estado nutricional y nivel de hidratación basal de las participantes. Estos elementos podrían haber influido en la respuesta al suplemento con cafeína. Del mismo modo, pocos estudios evaluaron variables psicológicas como los niveles de estrés, que también podrían modular los efectos de la cafeína. También se observó poca homogeneidad en la selección de parámetros medidos y pruebas implementadas, dificultando la comparación e integración de resultados entre los diversos artículos.

Asimismo, a pesar de utilizarse placebos, no se controló totalmente el posible efecto placebo dado el sabor y olor inconfundibles de la cafeína. Por otro lado, no se tuvo en cuenta factores moduladores como el ciclo menstrual, uso de anticonceptivos, nivel habitual de actividad física y consumo de cafeína. Tampoco se analizaron posibles sesgos de publicación al solo incluirse estudios con hallazgos significativos. Además, las dosis utilizadas estuvieron por debajo de lo habitualmente ingerido por algunas deportistas.

En cuanto a recomendaciones para futuras investigaciones, se sugiere:

- Realizar estudios con muestras más amplias y diversas en términos de edad, nivel de entrenamiento y disciplinas deportivas.
- Implementar evaluaciones más exhaustivas del estado basal (nutricional, hormonal, hidratación, etc.) y su potencial efecto modulador.
- Estandarizar un conjunto de mediciones clave relacionadas con rendimiento físico, fisiológico y cognitivo.
- Emplear diseños metodológicos más rigurosos, como enmascaramiento doble ciego, para controlar el efecto placebo.
- Analizar de manera más profunda la influencia de factores como el ciclo menstrual, uso de anticonceptivos y nivel habitual de actividad física y consumo de cafeína.
- Explorar los efectos de diferentes dosis de cafeína, incluyendo aquellas más cercanas a los consumos habituales de las deportistas.

Abordar estas limitaciones y recomendaciones en futuras investigaciones permitirá obtener una comprensión más sólida y detallada sobre los beneficios y riesgos potenciales de la suplementación con cafeína en mujeres deportistas, lo cual será de gran utilidad para los fisioterapeutas deportivos a la hora de implementar estrategias de optimización del rendimiento y prevención de lesiones.

## **7. Aplicaciones en la fisioterapia deportiva**

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones prácticas para los fisioterapeutas que trabajan con mujeres deportistas. La evidencia sugiere que la suplementación con cafeína puede ser una estrategia efectiva para optimizar el rendimiento físico y cognitivo en esta población.

A nivel muscular, la cafeína demostró mejorar parámetros clave como la fuerza máxima, la resistencia y la potencia. Esto puede ser de gran utilidad para los fisioterapeutas a la hora de diseñar programas de entrenamiento y acondicionamiento físico más efectivos. Por ejemplo, conocer que la cafeína puede potenciar la fuerza máxima y la capacidad de repetir esfuerzos permite planificar cargas y volúmenes de trabajo más intensos, lo cual es fundamental para desarrollar y mantener la condición física de las deportistas.

Además, el hecho de que la cafeína pueda retrasar la aparición de fatiga muscular, gracias a su efecto sobre el metabolismo anaeróbico, es relevante para prevenir lesiones por sobrecarga y optimizar la recuperación entre entrenamientos y competiciones. Los fisioterapeutas pueden aprovechar este efecto para implementar estrategias de suplementación más efectivas, acompañadas de pautas de recuperación y prevención de lesiones.

Por otro lado, los beneficios cognitivos de la cafeína, como la mejora en la velocidad de procesamiento y la toma de decisiones, tienen aplicación directa en deportes de equipo o aquellos que requieren habilidades técnico-tácticas. Los fisioterapeutas pueden colaborar con entrenadores y psicólogos deportivos para integrar la suplementación con cafeína como parte de un enfoque multidisciplinar orientado a optimizar el rendimiento integral de las deportistas.

Un aspecto fundamental que deben considerar los fisioterapeutas es la influencia del ciclo menstrual. Algunos estudios evidenciaron diferencias en la respuesta muscular a la cafeína en función de la fase menstrual. Esto resalta la importancia de individualizar las estrategias de suplementación y de tener en cuenta los cambios hormonales propios de las mujeres a la hora de prescribir programas de entrenamiento y/o recuperación.

En definitiva, los resultados de esta revisión proporcionan información valiosa para que los fisioterapeutas deportivos puedan incorporar de manera efectiva la suplementación con cafeína en sus protocolos de intervención con mujeres deportistas. Esto les permitirá optimizar aspectos clave del rendimiento, como la fuerza, la potencia y la resistencia muscular, así como funciones cognitivas relevantes, contribuyendo a mejorar el rendimiento deportivo y reducir el riesgo de lesiones.

## **8. Conclusiones**

A continuación, se presentan los principales hallazgos y conclusiones que se han observado en la realización de esta revisión sistemática y en relación con los objetivos propuestos son:

Efectos sobre el rendimiento deportivo:

- La suplementación con cafeína mejoró parámetros relacionados con la fuerza muscular como la fuerza máxima, la resistencia muscular y la potencia muscular. Esto se reflejó en mejoras en pruebas de repetición máxima, repeticiones hasta fallo y saltos verticales.
- En cuanto al rendimiento deportivo, los resultados fueron heterogéneos. Algunos estudios mostraron mejoras en indicadores de potencia y explosividad como saltos verticales, mientras que otros no encontraron cambios significativos.
- La cafeína podría retrasar la aparición de fatiga muscular al aumentar los niveles de lactato.

Efectos fisiológicos y cognitivos:

- No tuvo efectos significativos sobre variables cardiovasculares como la frecuencia cardíaca o el consumo de oxígeno.
- Mejoró parámetros cognitivos vinculados al rendimiento deportivo como la velocidad de procesamiento y la toma de decisiones.
- Algunos estudios evidenciaron diferencias en la respuesta a la cafeína dependiendo de la fase del ciclo menstrual de las participantes.
- La cafeína no modificó la percepción subjetiva del esfuerzo o la fatiga.

Consideraciones generales:

- Las dosis de cafeína utilizadas en los estudios (3-6 mg/kg) se encuentran dentro de los rangos habituales de consumo y no suponen riesgos significativos para la salud.
- Si bien la suplementación con cafeína parece mejorar ciertos parámetros físicos y cognitivos relevantes para el rendimiento deportivo en mujeres, se requieren más estudios dada la heterogeneidad de resultados encontrados.

En conclusión, esta revisión sistemática proporciona evidencia que respalda los beneficios potenciales de la suplementación con cafeína en mujeres deportistas, especialmente en variables de fuerza y potencia muscular. No obstante, se necesitan más investigaciones que aborden las limitaciones identificadas, a fin de obtener conclusiones más definitivas y orientar de manera más precisa las recomendaciones para la práctica de la fisioterapia deportiva.

## 9. Bibliografía

1. Faudone G, Arifi S, Merk D. The Medicinal Chemistry of Caffeine. *J Med Chem.* 2021; 64(11):7156–7178.
2. Tavares C, Sakata RK. Cafeína para el Tratamiento del Dolor. *Rev Bras Anesthesiol.* 2012; 62(3):387-401.
3. Pardo R, Alvarez Y, Barral d, Farre M. Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. *Adicciones.* 2007; 19(3):225-238.
4. Augusto Ramírez-Montes C, Osorio JH. Uso de la cafeína en el ejercicio físico: ventajas y riesgos. *Rev. Fac. Med.* 2013; 61(4):459-468.
5. 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.* 2019; 11(10):2313
6. Gender equality through time. International Olympic committee. [Internet]. Available from: <https://olympics.com/ioc/gender-equality/gender-equality-through-time>
7. Sims ST, Kerksick CM, Smith-Ryan AE, Janse de Jonge XAK, Hirsch KR, Arent SM, et al. International society of sports nutrition position stand: nutritional concerns of the female athlete. *J Int Soc Sports Nutr.* 2023;20(1): 2204066.
8. Juan Del Coso GMJMG. Prevalence of caffeine use in elite athletes following its removal from the World Anti-Doping Agency list of banned substances. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2011; 36(4):555-561.
9. González NF, Rivas AD. Actividad física y ejercicio en la mujer. *Rev Colomb Cardiol.* 2018; 25(S1):125–131.

10. Pérez-Brandt JG, Ariza-Ortega A, Delgado-Olivares L, Ortiz-Polo A, Clave P. Beneficios de la suplementación de cafeína en deportistas. *Educación Y Salud Boletín Científico Instituto De Ciencias De La Salud Universidad Autónoma Del Estado De Hidalgo*. 2021;10(19):258–70.
11. Page, M.J.; Moher, D.; Bossuyt, P.M.; Boutron, I.; Hoffmann, T.C.; Mulrow, C.D.; Shamseer, L.; Tetzlaff, J.M.; Akl, E.A.; Brennan, S.E.; et al. PRISMA 2020 explanation and elaboration: Updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n160.
12. Brown, P.; Brunnhuber, K.; Chalkidou, K.; Chalmers, I.; Clarke, M.; Fenton, M.; Forbes, C.; Glanville, J.; Hicks, N.J.; Moody, J.; et al. How to formulate research recommendations. *BMJ*. 2006; 333:804–806.
13. Moseley AM, Elkins MR, Van der Wees PJ, Pinheiro MB. Using research to guide practice: The Physiotherapy Evidence Database (PEDro). *Braz J Phys Ther*. 2020. 24(5):384-391
14. Law M, Stewart D, Pollock N, Letts, L. Bosch J, et al. Critical Review Form – Quantitative Studies. McMaster University. 1998;1–3
15. PEDro scale [Internet]. Available from: <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/>
16. Higgins JPT, Green S. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. The Cochrane Collaboration. 2011. Available from: [www.cochrane-handbook.org](http://www.cochrane-handbook.org).
17. Ali A, O'Donnell J, Foskett A, Rutherford-Markwick K. The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players. *J Int Soc Sports Nutr*. 2016; 5:13:46.
18. Burke BI, Travis SK, Gentles JA, Sato K, Lang HM, Bazylar CD. The effects of caffeine on jumping performance and maximal strength in female collegiate athletes. *Nutrients*. 2021; 13(8):2496.
19. Karayigit R, Naderi A, Akca F, Gomes Da Cruz CJ, 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*. 2020; 13(1):2.
20. 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*. 2020; 86(4):745–752.
21. Norum M, Risvang LC, Bjørnsen T, Dimitriou L, Rønning PO, Bjørgen M, et al. Caffeine increases strength and power performance in resistance-trained females during early follicular phase. *Scand J Med Sci Sports*. 2020; 30(11):2116–29.
22. Pirmohammadi S, Hemmatinfar M, Nemati J, Imanian B, Abdollahi MH. Early absorption sources of caffeine can be a useful strategy for improving female table tennis players-specific performance. *J Int Soc Sports Nutr*. 2023; 20(1): 2282051.
23. Romero-Moraleda B, Coso J Del, 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*. 2019; 11(11):2662
24. Filip-Stachnik A, Krzysztofik M, Del Coso J, Wilk M. Acute effects of two caffeine doses on bar velocity during the bench press exercise among women habituated to caffeine: a randomized, crossover, double-blind study involving control and placebo conditions. *Eur J Nutr*. 2022; 61(2):947–955.
25. López-Torres O, Rodríguez-Longobardo C, Capel-Escoriza R, Fernández-Elías VE. Ergogenic Aids to Improve Physical Performance in Female Athletes: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Nutrients*. 2022; 15(1):81.
26. Calvo JL, Fei X, Domínguez R, Pareja-Galeano H. Caffeine and cognitive functions in sports: A systematic review and meta-analysis. Vol. 13, *Nutrients*. MDPI AG; 2021. p. 1–18.
27. López-González LM, Sánchez-Oliver AJ, Mata F, Jodra P, Antonio J, Domínguez R. Acute caffeine supplementation in combat sports: A systematic review. Vol. 15, *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. BioMed Central Ltd.; 2018.

## 10. Anexos

Para cada base de datos:

- Búsqueda en PubMed = 59 resultados:
  - "Women" OR "female" AND "caffeine" AND "sports performance" OR "muscular performance" = 59
- Búsqueda en PEDro (Physiotherapy Evidence Database) = 377 resultados:
  - women\*caffeine\*sport performance\*= 377
- Búsqueda en Biblioteca Cochrane = 96 resultados:
  - (Women OR female) AND (caffeine) AND (sports performance OR muscular performance) = 96
- Búsqueda en Web of Science = 6 resultados:
  - (Women OR female) AND (caffeine) AND (sports performance OR muscular performance) = 6