



FACULTAD DE FARMACIA

Grado en Farmacia

AUMENTO DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO MEDIANTE PLANTAS MEDICINALES QUE CONTENGAN CAFEÍNA

Memoria de Trabajo Fin de Grado

Sant Joan d'Alacant

Junio 2017

Autor: Paula Sol Caba
Modalidad: Revisión bibliográfica
Tutor/es: José Antonio Pico Monllor

ÍNDICE

Resumen	3
1. Introducción	5
2. Objetivos	12
3. Metodología	12
3.1 Diseño	12
3.2 Fuente de obtención de los datos y tratamiento de la información	12
3.3 Selección final de los artículos	15
3.4 Extracción de datos	16
4. Resultados	17
5. Discusión	25
6. Conclusiones	28
7. Bibliografía	30



RESUMEN

OBJETIVOS:

Revisar la literatura científica relacionada con la eficacia o las propiedades beneficiosas, de plantas medicinales cuyo contenido en cafeína sea utilizado como sustancia ergogénica en adultos y verificar si existe relación entre el consumo de dichas plantas medicinales y el aumento del rendimiento deportivo.

MÉTODOS:

Estudio descriptivo transversal y análisis crítico de los trabajos recuperados mediante revisión sistemática consultando las bases de datos MEDLINE y Scopus. Se complementó la obtención de datos con la búsqueda en las páginas webs oficiales de la FDA (*Food, Drug Administration*), EFSA (*European Food Safety Authority*) y AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición). Fecha de búsqueda hasta marzo de 2018.

RESULTADOS:

Se recuperaron 218 documentos, de los cuales, tras aplicar los criterios de inclusión y exclusión, fue posible seleccionar 8 referencias. Se evaluó la calidad de los artículos seleccionados mediante el cuestionario CONSORT, obteniendo puntuaciones que oscilaron entre 17 y 20 sobre una puntuación máxima de 25.

CONCLUSIONES:

Algunos estudios analizados evidencian que, ciertas plantas medicinales con cafeína mejoran algunos parámetros bioquímicos y fisiológicos. El cafeto (*Coffea sp.*) podría ser utilizado como sustancia ergogénica y mejorar el rendimiento deportivo. Se precisan de nuevos ensayos e investigaciones que permitan caracterizar concentraciones estandarizadas de cafeína provenientes de especies vegetales y puedan ser utilizadas como sustancias ergogénicas. No existen diferencias significativas entre la utilización de cafeína sintética y la extraída de la planta medicinal.

Palabras clave:

Plants, Medicinal, Caffeine, Athletic Performance, Coffea, Camellia sinensis, Paullinia cupana, Cacao, Theobroma cacao, Mate, Ilex paraguariensis, Cola acuminata.

ABSTRACT

OBJECTIVES:

Review the scientific literature related to the efficacy or beneficial properties of medicinal plants whose caffeine content is used as an ergogenic substance in adults and check if there is a relationship between the consumption of these medicinal plants and the increase in sports performance.

METHODS:

Transversal descriptive study and critical analysis of the works recovered through systematic review by consulting the MEDLINE and Scopus databases. The data collection was complemented with the search in the official web pages of the FDA (*Food, Drug Administration*), EFSA (*European Food Safety Authority*) and AECOSAN (*Spanish Agency of Consumption, Food Safety and Nutrition*). Date of search until March 2018.

RESULTS:

218 documents were recovered, of which, after applying the inclusion and exclusion criteria, it was possible to select 8 references. The quality of the selected articles was evaluated by means of the CONSORT questionnaire, obtaining scores that oscillated between 17 and 20 on a maximum score of 25.

CONCLUSIONS:

Some studies analyzed show that certain medicinal plants with caffeine improve some biochemical and physiological parameters. The Cafeto (*Coffea sp.*) could be used as an ergogenic substance and improve sports performance. New trials and investigations are needed to characterize standardized concentrations of caffeine from plant species and can be used as ergogenic substances. There are no significant differences between the use of synthetic caffeine and that extracted from the medicinal plant.

Key words:

Plants, Medicinal, Caffeine, Athletic Performance, Coffea, Camellia sinensis, Paullinia cupana, Cocoa, Theobroma cacao, Mate, Ilex paraguariensis, Cola acuminata.

1. INTRODUCCIÓN

El rendimiento deportivo está condicionado por un conjunto de factores entre los que se incluyen, los genéticos, el entrenamiento, la motivación, las condiciones físicas, el medio ambiente y la nutrición¹. Las encuestas nutricionales realizadas a deportistas demuestran que la dieta no es la más adecuada para la exigencia de la competición y los alimentos habituales no siempre satisfacen las necesidades específicas que se puedan plantear en diferentes disciplinas deportivas.

Existe una delgada línea entre el triunfo y la derrota en el mundo del deporte, con lo que, cualquier ayuda resulta gratificante para el deportista. Este ante la consecución de sus objetivos suele utilizar numerosos complementos alimenticios. En España, dichos complementos se encuentran regidos por el Real Decreto 130/2018, de 16 de marzo que los define como: *“los productos alimenticios cuyo fin sea complementar la dieta normal y consistentes en fuentes concentradas de nutrientes o de otras sustancias que tengan un efecto nutricional o fisiológico, en forma simple o combinada, comercializados en forma dosificada, es decir cápsulas, pastillas, tabletas, píldoras y otras formas similares, bolsitas de polvos, ampollas de líquido, botellas con cuentagotas y otras formas similares de líquidos y polvos que deben tomarse en pequeñas cantidades unitarias”*².

Muchos complementos alimenticios contienen sustancias ergogénicas. Una ayuda ergogénica es aquella sustancia, dispositivo o práctica que mejora el rendimiento deportivo; desde el punto de vista nutricional, farmacológico, fisiológico, psicológico o incluso mecánico. Las ayudas ergogénicas nutricionales son nutrientes involucrados en el metabolismo del ejercicio cuya finalidad es optimizarlo³.

Existen una gran variedad de ellas, las cuales se clasifican, según el *Australian Institute of Sport* (AIS), en cuatro grupos de mayor a menor grado de evidencia en el efecto deseado: A, B, C y D, siendo el grado A, aquellas sustancias con un demostrado efecto en situaciones específicas en el deporte, que utilizan protocolos basados en evidencia científica y son aplicados por profesionales con los conocimientos adecuados sobre éstas⁴.

La cafeína ha sido utilizada como una ayuda en el rendimiento deportivo durante más de un siglo y estudiada durante los últimos 40 años⁵. Se la considera una sustancia ergogénica, con un grado de evidencia (A) y es utilizada en adultos, para aumentar el rendimiento en resistencia, fuerza, velocidad y salto en deportes de competición⁶. Pertenece al grupo de las bases xánticas y es un metabolito secundario activo de las plantas perteneciente al grupo de alcaloides de origen diverso. En la figura 1, se presenta su fórmula química C₈H₁₀N₄O₂ (1,2,3-trimetilxantina, o 3,7-dihidro-1,3,7-trimetil-1H-purina-2,6-diona).



Figura 1: Estructura química de la cafeína

En la Tabla 1, se muestran las diferentes acciones farmacológicas sobre distintos sistemas fisiológicos, como el nervioso, respiratorio, musculo esquelético, cardíaco, etc.

Actúa como antagonista competitivo del receptor de adenosina que se localiza en el cerebro, músculo esquelético y tejido adiposo⁷. Se observa que, los principales efectos de dicha sustancia (siempre teniendo en cuenta la intensidad del ejercicio, cantidad de dosis administrada, habituación y nivel de entrenamiento de los deportistas) son muy variados y esto es importante porque los atletas tienen que desarrollar muchas funciones para destacar en su deporte y no sólo en la función motora. También, la función cognitiva resulta de interés porque, el rendimiento en casi todos los deportes no depende sólo de lo que se llama “fuerza bruta” si no que requiere, a parte del control motor, coordinación, tiempo, toma de decisiones, etc.^{8,9}

Tabla 1: Acciones farmacológicas sobre diferentes sistemas fisiológicos

Sistema nervioso central	<ul style="list-style-type: none">• Psicoestimulante: aumenta la alerta, reduce la sensación de cansancio y fatiga, aumenta la capacidad de mantener un esfuerzo intelectual y mantiene el estado de vigilia.• Efecto analgésico dosis-dependiente.
Sistema respiratorio	<ul style="list-style-type: none">• Estimulan el centro respiratorio.• Mejora la función respiratoria al aumentar la contractilidad del diafragma.
Sistema cardiovascular	<ul style="list-style-type: none">• Aumento de la presión arterial y de la frecuencia cardíaca (el chocolate a dosis bajas induce la formación de óxido nítrico y disminuye la presión arterial).
Sistema musculoesquelético	<ul style="list-style-type: none">• Vasodilatación a nivel muscular.• Aumento de la respuesta contráctil al estímulo nervioso.• Disminuye el cansancio y fatiga.

La Agencia Mundial Antidopaje (AMA), no incluye a la cafeína en la lista de sustancias dopantes¹⁰. Debido al hecho de que, aunque se consuma una misma concentración, la cantidad excretada de la misma varía considerablemente entre individuos¹¹. Además, se encuentra en una amplia variedad de alimentos que ingerimos con normalidad (café, té, chocolate, etc.). Sin embargo, dicha agencia mantiene un plan llamado “programa de seguimiento” donde se sigue evaluando la cantidad de cafeína presente en la orina, para controlar y detectar pautas de consumo excesivo en la práctica del deporte¹⁰.

Una forma de ingerir cafeína de origen natural es mediante plantas medicinales en cuya composición se encuentre en cantidades apreciables dicho metabolito secundario activo. En la Tabla 2, se presentan las principales plantas medicinales utilizadas tradicionalmente en el consumo de cafeína¹².

Tabla 2. Principales plantas medicinales que contienen cafeína.
Droga y concentración de cafeína

Planta medicinal	Droga	Conc. cafeína (%)
<i>Paullinia cupana</i>	Semillas	3,6 – 5,8
<i>Camellia sinensis</i>	Hojas	2 – 4
<i>Coffea sp</i>	Semillas	0,6 – 3
<i>Cola nitida</i>	Semillas	2,5
<i>Ilex paraguensis</i>	Hojas	0,9 – 1,7
<i>Theobroma cacao</i>	Semillas	0,05 – 0,3

Se observa que, el Guaraná junto al Té y Cafeto, son las especies con mayor cantidad de cafeína. Mientras que, la Cola, Mate y Cacao contienen menores cantidades. Las principales características de estas especies se describen a continuación:

GUARANÁ o *Paullinia cupana*

Las semillas contienen entre un 3,6 y 5,8% de cafeína, porcentaje 4 veces más elevado que las semillas del café y 30 veces más elevado que el cacao¹³, También otros metabolitos como saponósidos y taninos. Tradicionalmente, se utiliza para obtener bebidas refrescantes, gasificadas, aromatizadas y con un contenido en cafeína que se ajusta por adición de extractos de guaraná¹².



Figura 2: Planta medicinal: *Paullinia cupana*. Droga: Semillas inmaduras de color rojo.

TE o *Camellia sinensis*

Especie, cuyas hojas y brotes se utilizan para elaborar el té. Existen diferentes clases de tes comerciales diferenciadas según la fermentación a los que son sometidos: el té verde, el té negro y el té oolong.

La hoja de té contiene muchos compuestos, entre ellos gran cantidad de proteínas, aminoácidos, compuestos fenólicos, cafeína, etc. Esta última depende fundamentalmente de la variedad. A parte de ser utilizado como bebida, se puede utilizar con otras funciones: tratamiento de diarreas ligeras, astenias funcionales, coadyuvante en regímenes de adelgazamiento, favorecer la eliminación de agua, etc.¹²



Figura 3: Planta medicinal: *Camellia sinensis*. Droga: hojas.

CAFETO o *Coffea sp*

La semilla seca del cafeto (planta del café) se la conoce como café, sin importar que haya sido tostada o molida. Dicha semilla proviene de un arbusto de hoja perenne perteneciente a la familia *Rubiaceae* y el género *Coffea*. Las dos especies más comunes son *Coffea arábica* y *Coffea robusta* con estas mínimas

diferencias respecto a la cafeína (Tabla 3)¹⁴.

Principalmente está compuesto por glúcidos (50%), proteínas (10-12%) y lípidos (10-18%). Por otra parte, minoritariamente se encuentra un 5% de ácidos fenólicos y un contenido en cafeína variable entre un 0,6 y 3%. Habitualmente el café se utiliza como bebida estimulante. Sin embargo, también las semillas de esta planta pueden ser usadas como aromatizante alimentario, como medicamento, etc.¹²



Figura 4: Planta medicinal: Cafeto o *Coffea sp*. Droga: semillas.

Tabla 3. Diferencias de las variedades *Coffea arábica* y *Coffea robusta* (% b.s)

	<i>Coffea arábica</i>		<i>Coffea robusta</i>	
	Café verde	Café tostado	Café verde	Café tostado
Cafeína	0,9-1,2	1,0	1,6-2,4	2,0

*El café tostado pasa por un tratamiento de tueste que aporta el aroma, matices y el color característico. El café verde, no se aplica dicho tratamiento

Cola o Cola nítida

Es un árbol de tamaño medio que contiene mayoritariamente bases púricas (cafeína al 2,5%). La cafeína forma una asociación con los derivados catéquicos y debido a esto, las proporciones de cafeína libre y combinada varían según la droga sea fresca o desecada. A pesar de que se ha demostrado que los efectos



son más graduales que los de la cafeína, esta droga no se utiliza apenas en la actualidad. Su principal uso consiste en la obtención de bebidas gaseosas sin alcohol¹².

Figura 5: Cola nítida. Droga: semillas.

Mate o Ilex paraguensis:

El mate es un árbol cuya droga está constituida por la hoja sometida a una desecación rápida y a incisiones. Esta hoja contiene hasta un 10% de ácidos



clorogénicos totales, entre un 5-10% de saponósidos, flavonoides y bases púricas (cafeína y teobromina). Tradicionalmente se utiliza para elaborar infusiones y aunque las propiedades no son muy conocidas se sabe que presentan poder antioxidante y estimulante del sistema nervioso central¹².

Figura 6: Ilex paraguensis. Droga: Hojas

Cacao o *Theobroma cacao*



El cacao es un árbol cuya semilla contiene, entre otros compuestos, lípidos, compuestos fenólicos, oligómeros, y bases púricas (teobromina y cafeína). Actualmente, está siendo utilizado como excipiente graso y también en el sector agroalimentario¹².

Figura 7: Droga: Semilla *Theobroma cacao*

Según Astley et al.⁶, el consumo de cápsulas de cafeína sintética mejora el índice de esfuerzo percibido (*rating of perceived exertion* o RPE) y el índice cardíaco objetivo (*target heart rate* o THR) frente a placebo en un grupo de judocas. Por otra parte, Sousa et al.¹⁵, determinaron la prevalencia, las razones del uso, así como el tipo de complementos nutricionales utilizados en atletas. Los resultados en cuanto al uso de dichos complementos fueron: *acelerar la recuperación, mejorar el rendimiento deportivo* y *tener más energía*. Por lo tanto, resulta de interés conocer si los complementos alimenticios a base de plantas medicinales con cafeína se podrían utilizar para mejorar el rendimiento deportivo.

2. OBJETIVOS

Con los antecedentes expuestos en este trabajo se plantean los siguientes objetivos:

Revisar la literatura científica relacionada con la eficacia o las propiedades beneficiosas, de plantas medicinales cuyo contenido en cafeína sea utilizado como sustancia ergogénica.

Verificar si existe relación entre el consumo de dichas plantas medicinales y el aumento del rendimiento deportivo.

3. METODOLOGÍA

3.1.- Diseño:

Estudio descriptivo transversal y análisis crítico de los trabajos recuperados mediante revisión sistemática, en la que se llevó a cabo la búsqueda de los componentes de investigación del estudio realizado: población, intervención y resultados.

- Población: características de los participantes a analizar, concretamente los deportistas que pueden beneficiarse del consumo de plantas medicinales con cafeína.
- Intervención: acción a analizar, en este caso el consumo de dichas plantas medicinales.
- Resultado: la medida a estudiar, verificar el rendimiento deportivo.

3.2.- Fuente de obtención de los datos y tratamiento de la información:

Los datos se obtuvieron de la consulta directa y acceso, vía internet, a las siguientes bases de datos bibliográficas del ámbito de las ciencias de la salud: MEDLINE (vía PubMed) y Scopus. Se complementó la obtención de datos con la búsqueda en las páginas webs oficiales de la FDA (*Food, Drug Administration*), EFSA (*European Food Safety Authority*) y AECOSAN (Agencia Española de Consumo, Seguridad Alimentaria y Nutrición).

Una vez definidos los componentes de la investigación, se utilizó mediante los DeCS (Descriptores en Ciencias de la Salud) los términos de los componentes de la investigación, con el objetivo de obtener el MeSH (*Medical Subject Headings* o encabezados de temas médicos) según la Tabla 4.

Tabla 4: Palabras clave, Decs y MesH empleados en la estrategia de búsqueda

PALABRAS CLAVE	Decs	MeSH
PRINCIPALES		
Plantas medicinales	Plantas medicinales	<i>Plants, Medicinal</i>
Sinónimo plantas medicinales: <i>hierbas medicinales</i>		
Cafeína	Cafeína	<i>Caffeine</i>
Rendimiento deportivo	Rendimiento atlético	<i>Athletic Performance</i>
COMPLEMENTARIOS		
Coffea	Coffea	<i>Coffea</i>
Té	<i>Camellia sinensis</i>	<i>Camellia sinensis</i>
Sinónimos Té: <i>Camellia thea, Thea sinensis, Thea chinensis</i>		
Guaraná	<i>Paullinia cupana</i>	<i>Paullinia cupana</i>
Sinónimos Guaraná: <i>Paullinias, Paullinia cupana, Barbasco, etc.</i>		
Cacao	Cacao	<i>Cacao</i>
Sinónimos Cacao: <i>Cocoa, Theobroma cacao, Planta de cacao.</i>		
Mate	<i>Ilex paraguariensis</i>	<i>Ilex paraguariensis</i>
Cola	Cola	<i>Cola</i>

En la realización de esta revisión bibliográfica las principales bases de datos consultadas fueron Medline y Scopus. Se realizaron dos búsquedas a gran escala ya que, los resultados de la primera eran de cafeína en general, cafeína contenida en bebidas energizantes y sólo mencionaban algunas de las plantas medicinales más comunes (café y cacao).

La primera de ellas se realizó en MEDLINE (vía PubMed) y se utilizaron como palabras clave las principales (Tabla 4). Se empleó en algunos de los motores de búsqueda los sinónimos de las palabras clave, con el fin de que se realizase un tipo de búsqueda lo más completa posible. A partir de estas palabras clave se accedió, mediante los términos MeSH, a “*Advanced Search*” el cual permitió la combinación de los términos MeSH, acotando la estrategia de búsqueda.

La primera búsqueda se realizó en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh> según las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1: (“Plants, Medicinal”[Mesh]) OR “Plants, Medicinal” [Title/Abstract]).

Ecuación 2: (“Caffeine”[Mesh]) OR “Caffeine”[Title/Abstract]).

Ecuación 3: (“Athletic Performance”[Mesh]) OR “Athletic Performance” [Title/Abstract]).

Combinación 1, 2 y 3: (((“Plants, Medicinal”[Mesh]) OR “Plants, Medicinal” [Title/Abstract]) AND “Caffeine”[Mesh]) OR “Caffeine”[Title/Abstract]) AND “Athletic Performance”[Mesh]) OR “Athletic Performance”[Title/Abstract])).

La segunda búsqueda fue realizada en: <https://www.scopus.com>, según las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1: TITLE-ABS- KEY (“Plants, Medicinal”)

Ecuación 2: TITLE-ABS- KEY (“Caffeine”)

Ecuación 3: TITLE-ABS- KEY (“Athletic Performance”)

Combinación 1, 2 y 3: TITLE-ABS- KEY (“Plants, Medicinal”) AND TITLE-ABS- KEY (“Caffeine”) AND TITLE-ABS- KEY (“Athletic Performance”)

Debido al hecho de que con estas dos búsquedas no se consiguieron artículos suficientes, se realizaron otras búsquedas para obtener más información, con los descriptores complementarios, por ejemplo, con “*Coffee*” se utilizaron las siguientes ecuaciones:

Ecuación 1: (("Plants, Medicinal"[Mesh]) OR "Plants, Medicinal" [Title/Abstract])

Ecuación 2: (("Coffea"[Mesh]) OR "Coffea" [Title/Abstract])

Ecuación 3: (("Athletic Performance"[Mesh]) OR "Athletic Performance" [Title/Abstract])

Combinación 1, 2 y 3: (((("Plants, Medicinal"[Mesh]) OR "Plants, Medicinal" [Title/Abstract]) AND "Coffea"[Mesh]) OR "Coffea" [Title/Abstract]) AND "Athletic Performance"[Mesh]) OR "Athletic Performance" [Title/Abstract].

Las mismas ecuaciones fueron obtenidas con todas las palabras clave complementarias, una por una.

La búsqueda se realizó desde la primera fecha disponible, de acuerdo con las características de cada base de datos, hasta marzo del 2018 y se completó con el examen del listado bibliográfico de los artículos que fueron seleccionados.

3.3.- Selección final de los artículos:

Se escogieron para su estudio los artículos que cumplieron los siguientes criterios: adecuarse a los objetivos de la búsqueda, estar publicados en revistas revisadas por pares y escritos en inglés, español, portugués, francés o alemán.

También, aquellos artículos publicados los últimos 10 años debido a que nos interesa la mayor actualidad posible del tema propuesto y que el objeto de estudio sean humanos y adultos (con edad comprendida entre 19-44 años) ya que en esta edad es cuando mayor cantidad y mayor rendimiento de deporte se requiere.

Se excluyeron aquellos artículos, que no cumplieron los objetivos:

- Artículos realizados con animales o en humanos menores de 19 años.
- Artículos no científicos.
- Artículos que no especifiquen el origen de extracción de la cafeína (si es sintética o de plantas medicinales).

- Artículos que refieran el efecto en el rendimiento deportivo debido al sinergismo entre la cafeína con algún otro componente.
- Artículos que investiguen en base a la cafeína contenida en bebidas energizantes (*energy drinks*).

Para valorar la calidad de los documentos seleccionados se utilizaron las directrices para la publicación de ensayos clínicos CONSORT (*CONsolidated Standards Of Reporting Trials*)¹⁶, que contiene un listado de 25 aspectos esenciales que deben describirse en la publicación de estos estudios. Para cada artículo seleccionado se asignó un punto por cada ítem presente (en caso de no ser aplicable no puntuaba). Cuando un ítem estaba compuesto por varios puntos, estos se evaluaron de forma independiente, dándole el mismo valor a cada uno de ellos y posteriormente se realizó un promedio (siendo éste el resultado final de ese ítem), de tal forma que en ningún caso se pudiera superar la puntuación de un punto por ítem.

3.4.- Extracción de los datos:

Los estudios se agruparon según las variables a estudio, con el fin de sistematizar y facilitar la comprensión de los resultados, considerando los siguientes datos: primer autor de la referencia bibliográfica y año de publicación, tipo de estudio, país, edad de los participantes, objetivo de la intervención, periodo en el que se realizó el trabajo, intervención realizada y resultados obtenidos.

Tras todo este trabajo realizado, se recopilaron datos de todos los estudios y se clasificaron en función de 4 apartados:

- Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el Café.
- Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el Cacao.
- Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el Té.
- Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el Guaraná.

4. RESULTADOS

Con los criterios de búsqueda descritos se recuperaron 218 documentos 170 en PUBMED y 48 en Scopus. Se complementó con la consulta de la bibliografía de los artículos seleccionados añadiendo 1 referencia más. Con un total de 213 referencias.

Tras depurar los duplicados, aplicar los criterios de inclusión y exclusión, y consultar los listados bibliográficos (Figura 8), fue posible seleccionar 8 documentos para su revisión y análisis crítico.

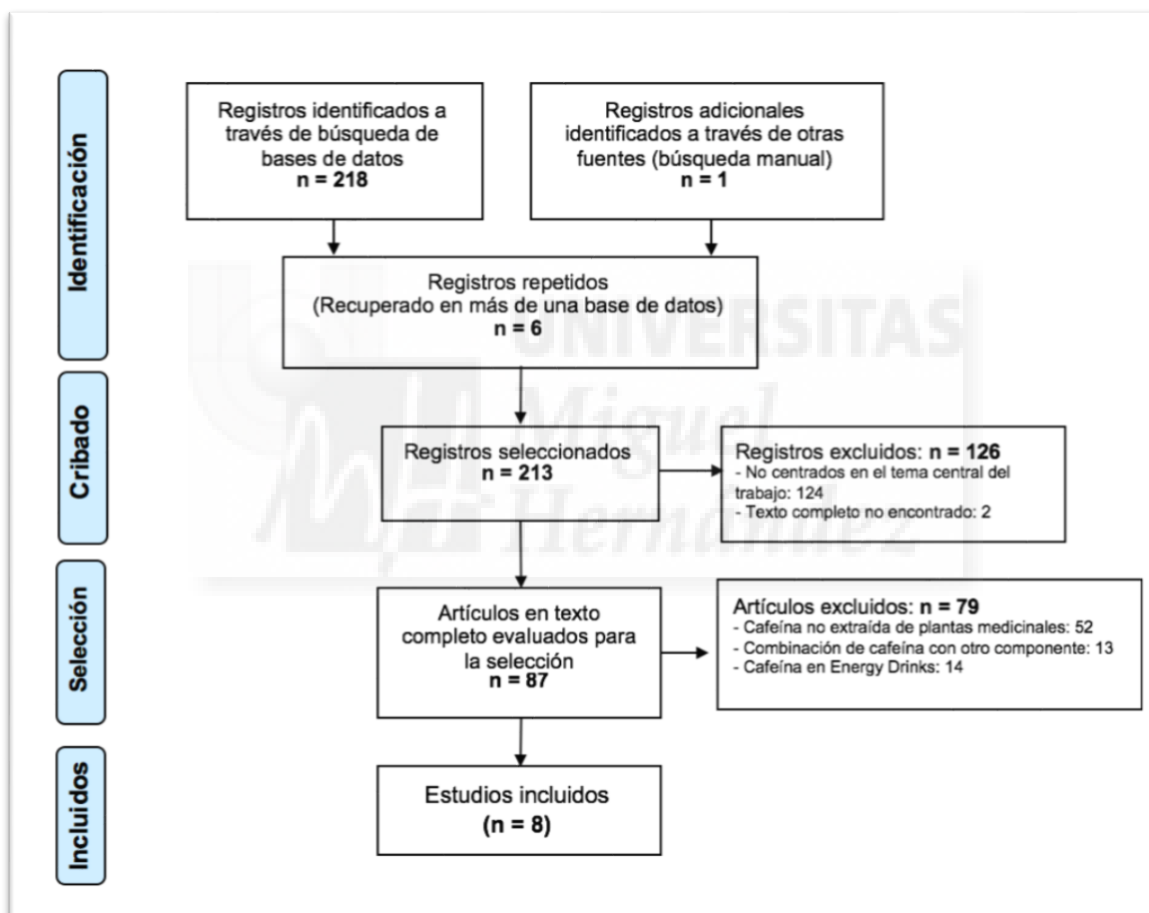


Figura 8: Flujograma de selección de los estudios incluidos.

De esta manera, obtuvimos un total de 8 documentos referidos a *Café*, *Cacao*, *Guaraná* y *Té*. Los documentos obtenidos con las plantas medicinales *Cola* y *Mate* fueron irrelevantes para este estudio.

Al evaluar la calidad de los artículos seleccionados para la revisión, mediante el cuestionario CONSORT, las puntuaciones oscilaron entre 17 y 20, valores, por encima de la media de 25 puntos totales (Tabla 5). Podríamos decir que los artículos revisados poseen una aceptable calidad metodológica.

Tabla 5. Calidad metodológica de las publicaciones revisadas según la guía CONSORT

Artículos revisados	Puntuación sobre 25
Trexler et al. (2016)	19
Hodgson, Randell and Jeukendrup. (2013)	18
Church et al. (2015)	20
Kankesh, Brouner and Spendiff. (2015)	19
Davison et al. (2011)	19
Eichenberger, Colombani and Mettler. (2008)	17
Suzuki et al. (2015)	18
Veasey et al. (2015)	19
Media de puntos:	19

La relación entre la cafeína y el rendimiento deportivo es uno de los temas más estudiado. Sin embargo, como se muestra en la Tabla 6, hay pocas publicaciones, tan solo 8, que relacionen la utilización de plantas medicinales con cafeína y el rendimiento deportivo.

Tabla 6. Características y resultados principales de los estudios seleccionados para la revisión

Autor/ año	Estudio	País	Participantes	Efecto	Periodo	Intervención realizada	Resultados
Trexler 2016	EC doble ciego, aleatorizado	USA	54 hombres *Entrenados durante al menos 30 minutos, 3 días a la semana 3 meses antes del estudio.	Comparar café con cafeína anhidra. Fuerza y rendimiento de velocidad con placebo	4 días	30' antes de la prueba. 300 mg cafeína anhidra/ 8,9 g de café (contiene 303mg de cafeína) / placebo	-Fuerza: sin efecto. -Velocidad: con efecto. La cafeína sintética no mejora el rendimiento de más de café natural
Hodgson 2013	EC, simple ciego, cruzado, aleatorizado	UK	8 hombres entrenados. *Importante que tuvieran una ingesta baja de cafeína (3 tazas café/día).	Investigar los efectos de aumento de rendimiento de la cafeína anhidra y café	28 días	4 ensayos. cafeína anhidra/café-café descafeinado/placebo 1 h antes de completar una prueba contrarreloj	Cafeína anhidra y café natural mejoran los tiempos y placebo
Church 2015	EC, doble ciego cruzado, aleatorizado	USA	20 (18-35 años) *Consumidores habituales de café.	Examinar beneficios ergogénicos del café turco	5-8 días	2 pruebas 5 km → café antes carrera y después extracción sangre	-60% más rápido al consumir el café. -Aumento de la sensación de energía
Kankesh 2015	EC, cruzado, aleatorizado.	UK	9 hombres (20-22 años). Entrenados	Examinar beneficios consumo de DC ¹ .	21 días.	Ingesta diaria durante 14 días de 40 g de DC o WC ² .	-DC aumentó la tasa de trabajo alcanzada en el umbral de intercambio de gases / distancias de la prueba más altas / aumentó el consumo máximo de O ₂
Davison 2011	EC, cruzado, aleatorizado.	UK	14 hombres (21-23 años)	Examinar los efectos del consumo de DC	21 días.	100 g de DC, una CC ³ o ninguno (BL).	-DC mejoró el estado antioxidante antes del ejercicio comparado con CC.-La [insulina] fue mayor en el consumo de DC.- Mejor mantenimiento de la [glucosa] cuando se consumió DC
Eichenberger 2008	EC, doble ciego, cruzado, aleatorizado.	Suiza	10 hombres (23-31 años) * entrenados en resistencia física	Examinar los efectos del té verde.	2 x 21 días	Té verde o placebo una vez al día seguidas por una CLT ⁴ de 2 horas	Colesterol HDL plasmático más alto en reposo.
Suzuki 2015	EC, doble ciego, cruzado, aleatorizado controlado con placebo.	Taiwán	9 hombres (16-18 años)	Investigar los efectos de CHO ⁵ y Té verde.	2 días	Series de 100 metros: TEA ⁶ / solo CHO. Muestras de sangre antes del ejercicio/ 10' y 14 h después del ejercicio	-Mantuvo las [testosterona] y [linfocitos] después del ejercicio. -Disminución de neutrófilos después del ejercicio con TEA
Veasey 2015	EC, aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo y cruzado.	UK	40 hombres (18-24 años)	Examinar el efecto de MVM + G ⁷ consumido antes del ejercicio	7 días	Dos ensayos: MVM + G /placebo, antes de una carrera de 30 minutos al 60% VO ₂ max	-Reducción en la calificación del RPE ⁸ . -Precisión mayor y mayor velocidad de reconocimiento de imágenes

¹ DC: chocolate negro.

² WC: chocolate blanco.

³ CC: barra de control de isomacronutrientes.

⁴ CLT: prueba de carga constante.

⁵ CHO: carbohidratos.

⁶ TEA: té verde + carbohidratos.

⁷ MVM + G: complejo vitamínico y mineral + guaraná.

⁸ RPE: esfuerzo percibido.

De los trabajos revisados, se ha observado que, a excepción del estudio de Eichenberger Colombani and Mettler¹⁷, el resto se han desarrollado en los últimos siete años, lo que podría indicar un creciente interés en los complementos alimenticios a base de plantas medicinales. Todos son estudios clínicos y a excepción de Suzuki et al.¹⁸, se han realizado entre Estados Unidos y Europa. Destaca en número de participantes, 54, el estudio de Trexler et al.¹⁹ La gran mayoría de ellos son hombres, salvo Church et al.²⁰ que la mitad de las participantes son mujeres. Los períodos de intervención son breves, entre 2 y 28 días. Destacando el de Eichenberger, Colombani and Mettler (2008), con un tiempo de intervención de 42 días.

Finalmente, como hemos comentado al principio de esta sección, todos los estudios revisados en este trabajo presentan limitaciones como, el tamaño de la muestra, que podría intentar ser el mismo en todos los estudios analizados o discernir entre hombres y mujeres y lo más importante, que en casi todos requerían que los participantes sean personas entrenadas o que hayan entrenado unas semanas antes del estudio. También sería importante destacar los métodos utilizados por cada investigación, ya que algunos esperaban más a que actúe la sustancia a valorar, otros mantenían a los participantes en ayunas o les privaba (entre algunas horas o semanas) de la sustancia a analizar, la cafeína.

- **Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el café (*Coffea sp.*)**

Los estudios revisados, muestran los efectos de intervención sobre los participantes antes y después de la ingesta de cafeína comparándola con cafeína anhidra (sintética), cafeína proveniente del *Coffea sp*, una bebida descafeinada, o bien con un placebo.

En el estudio de Trexler et al.¹⁹, los participantes acudieron en una primera sesión a realizarse pruebas de referencia y después, en una segunda visita al laboratorio, fueron elegidos aleatoriamente a uno de los siguientes tratamientos: 300 mg de cafeína anhidra (3,85 mg/kg de cafeína), 8,9 g de café deshidratado (3,84 mg/kg de cafeína) o un placebo.

Pasados 30 minutos se les realizaron las pruebas de esfuerzo con los siguientes resultados:

- Ni la cafeína anhidra ni la cafeína extraída del café mejoraron los resultados de la fuerza en comparación con el placebo.
- En cuanto a los resultados de sprint, la cafeína parece que mejora el rendimiento de velocidad cuando se ingiere 30 minutos antes del ejercicio.
- La cafeína anhidra no parece que mejoré el rendimiento de más del café.

Hodgson, Randell and Jeukendrup²¹, investigaron los efectos metabólicos y el aumento del rendimiento al consumir cafeína sintética y café. Para ello, escogieron a deportistas entrenados y se le administró al azar: 3-5 mg/kg de cafeína anhidra, café (3-5 mg/kg de cafeína), café descafeinado o placebo. Después de la administración, cada participante completó una prueba de 45 minutos y obtuvieron los siguientes resultados:

- La cafeína anhidra y el café mejoraron los tiempos de la prueba cuando se compararon con el café descafeinado y con el placebo.
- La cafeína anhidra mejoró el rendimiento en un 4,9 y 4,7% mientras que el café lo mejoró en un 4,7 y 4,3% en comparación con el placebo y el café descafeinado respectivamente.
- No hubo diferencias significativas en el tiempo de realización de la prueba entre la cafeína anhidra y el café, ni entre el placebo con el café descafeinado.

En cuanto los efectos metabólicos, se observó que, a pesar de que el café produce efectos ergogénicos similares a la cafeína, las respuestas del metabolismo no fueron idénticas. El aumento en la glucosa plasmática, ácidos grasos y glicerol fue superior en los participantes que ingirieron cafeína en comparación con el café.

Por último, en el estudio de Church et al.²⁰, los participantes (mitad mujeres y mitad hombres) ingirieron café turco que, aunque provenga de la misma planta medicinal (*Coffea arabica*), tiene un método de preparación distinto y por tanto una concentración de cafeína diferente. La diferencia de este café con el tradicional es que no se filtra por goteo, sino que su método de preparación

consiste en hervir lentamente agua y mezclarla con el polvo del café. Esto lo que produce es que tenga una mayor concentración de cafeína en comparación con otros estilos de preparación.

Se eligieron los participantes en función de que sean consumidores habituales de café y con un VO_2 máx. (cantidad máxima de oxígeno que el organismo puede absorber, transportar y consumir en un tiempo determinado) superior a $35 \text{ ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Dichos participantes recibieron 0,136 g de café turco/kg mezclados en 200 ml de agua (3 mg/kg de cafeína) y como control café turco descafeinado. Después de la ingesta realizaron una prueba de 5 km, una evaluación de reacción a estímulos visuales y una prueba cognitiva cuyos resultados fueron los siguientes cuando ingerían café turco (*Coffea sp*) en lugar de descafeinado:

- Beneficios de rendimiento en el tiempo de reacción durante un estímulo de respuesta visual.
 - Aumento de la sensación subjetiva de energía.
 - El 60% de los participantes realizaron la prueba de 5 km más rápido.
- **Efecto ergogénico de la cafeína que contiene en el cacao (*Theobroma cacao*).**

Kankesh, Brouner and Spendiff ²², tenían como objetivo examinar si el consumo de chocolate negro afectaba al VO_2 máx., a la presión arterial, a los niveles de lactato y/o al rendimiento de la realización de un sprint. Para ello, los participantes ingirieron diariamente durante 14 días 40 g de chocolate negro o 40 g de chocolate blanco y realizaron primero una prueba de intensidad moderada y luego 2 minutos de intensidad máxima donde se registró la distancia total alcanzada. Se llegaron a los siguientes resultados, comentaremos sólo aquellos más significativos:

- El consumo máximo de O_2 fue 6% mayor después del consumo de chocolate negro en comparación con chocolate blanco.
- Con el consumo de chocolate negro, se obtuvo una distancia mayor en un 17% comparado con chocolate blanco.
- La ingestión de chocolate negro durante 14 días redujo el costo de oxígeno en el ejercicio.

Davison et al.²³, examinaron los efectos del consumo de chocolate negro en la capacidad antioxidante del plasma, los marcadores de estrés oxidativo y las respuestas inmunoendocrinas al ejercicio. Para ello, los participantes consumieron 100 g de chocolate negro, una barra de control de isomacronutrientes o ninguno de ellos, 2 horas antes de realizar bicicleta durante 2 horas y media al 60 % de consumo máximo de oxígeno. Los resultados del estudio fueron:

- El chocolate negro mejoró el estado antioxidante antes del ejercicio comparado con la barra de isomacronutrientes.
 - La concentración de insulina fue mayor antes del ejercicio y 1 h después del ejercicio al consumir chocolate negro.
 - Hubo un mejor mantenimiento de la concentración de glucosa en plasma con el grupo que ingirió chocolate negro.
- **Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el té (*Camellia sinensis*).**

Eichenberger, Colombani and Mettler¹⁷, propusieron examinar los efectos de una suplementación de 3 semanas con té verde; para ello, los participantes durante estos 21 días consumieron o té verde o placebo una vez al día y seguidamente realizaron una prueba de 2 horas de cicloergómetro. La suplementación no afectó a la mayoría de las variables estudiadas con la excepción de:

- Los niveles de la creatina quinasa y el colesterol HDL; la concentración media de creatina quinasa en plasma fue menor y la concentración plasmática media de colesterol HDL fue significativamente más alta.

Suzuki et al.¹⁸, investigaron los efectos de coagulación de carbohidratos en el rendimiento de un sprint en bicicleta y el estrés oxidativo asociado y las respuestas inmunoendocrinas debidas al ejercicio. Para ello, completaron 3 series de 8 repeticiones de 100 metros en bicicleta mientras ingerían té verde + carbohidratos (grupo 1) o sólo carbohidratos (grupo 2) y se tomaron muestras de sangre antes del ejercicio, 10 minutos y 14 horas después del ejercicio, los resultados fueron: En el rendimiento, los participantes que sólo habían ingerido

carbohidratos (grupo 2) completaron la prueba en más tiempo que aquellos que además de los carbohidratos ingirieron té verde.

- En las poblaciones de células sanguíneas, marcadores de daño muscular y citoquinas: hubo un aumento en el recuento de leucocitos y de neutrófilos en ambos grupos. En cuanto a la creatina quinasa y la concentración de mioglobina, sus niveles se elevaron en ambos grupos después del ejercicio y, por último, los marcadores de daño muscular no sufrieron modificaciones.
- La concentración de glucosa disminuyó después del ejercicio en el grupo 1 mientras que no cambió en el grupo 2. En cuanto a la concentración del lactato, se elevó después del ejercicio en ambos grupos, siendo mayor en el grupo 1 en comparación del de la ingesta de sólo carbohidratos.
- Las concentraciones de cortisol después del ejercicio fueron elevadas en el grupo 1, pero no se modificaron en el grupo 2.
- El nivel de testosterona en plasma disminuyó desde antes del ejercicio en el grupo 2 pero no ocurrió lo mismo en el grupo 1.
- **Efecto ergogénico de la cafeína que contiene el guaraná (*Paullinia cupana*).**

Veasey et al.²⁴, observaron los efectos sobre el rendimiento cognitivo, el esfuerzo y el metabolismo del sustrato cuando se ingiere antes del ejercicio un complejo vitamínico y mineral con guaraná. Los participantes consumieron dicho complejo o placebo y después realizaron una carrera de 30 minutos y unas pruebas cognitivas. Los resultados fueron los siguientes:

- En cuanto a las pruebas cognitivas, en la mayoría se encontró una mayor precisión después del consumo del guaraná en comparación con el placebo.
- En cuanto al rendimiento, se encontró que el esfuerzo percibido fue menor después del consumo de la guaraná, en comparación con el placebo.

5. DISCUSIÓN

Como limitación a esta revisión podría considerarse el bajo número de artículos seleccionados, esto podría deberse a la plena actualidad del tema, ya que el efecto fisiológico de los complementos alimenticios es un área de aplicación emergente. Se ha tenido presente que las revisiones sistemáticas deben basarse en estudios con diseño y selección que garanticen mayor rigor científico, pero en este análisis se incluyeron todos los artículos recuperados que se centraron en el tema estudiado. Aunque las verdaderas limitaciones se deben a las propias de cada estudio *per se*.

Resulta evidente que, la cafeína sintética sí aumenta el rendimiento deportivo, según Grgic et al.²⁵, que demostraron que la ingesta de cafeína una hora antes del ejercicio, aumenta entre un 0,19 y 2,8% el rendimiento de la fuerza del cuerpo inferior acompañada de una menor percepción del esfuerzo. Ese resultado es importante puesto que, un aumento de tan sólo un 3% podría significar la diferencia entre ganar o no.

El cafeto o *Coffea sp*, es una planta muy estudiada en relación con los efectos positivos en el rendimiento deportivo, porque es una bebida muy común y además porque tiene un alto porcentaje de cafeína, mientras que de las otras plantas medicinales no se han hallado gran cantidad de artículos, o bien por la poca cantidad de cafeína contenida en sus semillas u hojas (por ejemplo, el cacao), por el poco uso que se le da en la actualidad (por ejemplo, el guaraná) o por las otras sustancias que contienen que da pensar que no sólo la cafeína sería la única que actúe.

Para saber si es mejor la cafeína sintética o la cafeína extraída de la planta medicinal del café, Trexler et al. (2016) y Hodgson et al. (2013), concluyeron con que la cafeína anhidra no mejora el rendimiento de más que la cafeína extraída del café (siempre y cuando estén a las mismas concentraciones). Se podría llegar a pensar, que en el estudio de Trexler et al. (2016), no se encontraron tantos resultados debido a que las pruebas se realizaron sólo 30 minutos después de la ingesta del café mientras que Grgic et al (2017) y Hodgson et al (2013) esperaron una hora, cuando se supone que la concentración plasmática de cafeína es mayor, según Graham²⁶.

Por otra parte, en los estudios revisados, se citan otros compuestos que contiene el cafeto que pueden alterar los efectos metabólicos y que antagonizan los efectos de la cafeína en los receptores de adenosina. El compuesto que más destaca es el polifenol, ácido clorogénico. Debido al antagonismo que provoca en los efectos de la cafeína, siempre se había pensado que la cafeína anhidra (ausencia de ácido clorogénico) iba a producir un efecto más positivo en el rendimiento deportivo que la cafeína extraída de la planta medicinal, pero, tras la revisión queda demostrado su no influencia. El cafeto es tan eficaz como la cafeína sintética. Siempre que hablemos de las mismas concentraciones.

Además, dependiendo del tipo de café, del tipo y de la forma de preparación, puede contener más o menos concentración de cafeína, por ello, según los resultados de Church et al. (2015) es importante a la hora de utilizar preparados de plantas medicinales como ayuda en el rendimiento deportivo, informarse sobre las formas de preparación. Este es el caso del café turco, que por su método de preparación tiene mayor concentración de cafeína y podrá producir más efecto a corto y largo plazo.

Los resultados en relación con la cafeína contenida en el cacao de Kankesh et al. (2015) y Davison et al. (2011) confirman el hecho de que el chocolate también podría mejorar el rendimiento deportivo. Aunque la riqueza en cafeína es menor. La sinergia de otra xantina, teobromina con efectos semejantes a la cafeína, pero menos potente, sobre el sistema nervioso humano, podría ser la causa del efecto positivo en el mismo. Asimismo, ambas xantinas pueden movilizar los ácidos grasos libres, efecto beneficioso en aquellos atletas que necesiten conservar reservas de carbohidratos. Davison et al (2015) concluyeron que el consumo agudo de chocolate tiene efectos mínimos sobre las respuestas inmunoendocrinas, al ejercicio prolongado. Por lo tanto, como ayuda ergogénica no resultaría de primera elección la utilización del *Theobroma cacao*. Fundamentalmente, por su pobre contenido en cafeína.

En relación con el té (*Camelia sinensis*), hay que destacar la poca cantidad de cafeína que contiene, al igual que ocurre con el cacao. Debido a esto, posiblemente, se han encontrado pocos estudios que sólo examinaran el efecto de esta sobre el rendimiento deportivo. Los estudios analizan el té de una forma

general, teniendo en cuenta sobretodo la concentración de catequinas y teobromina que contiene.

Eichenberger et al. (2008) han demostrado que modifican diferentes parámetros metabólicos en la utilización de té verde en atletas, sin embargo, requiere una mayor investigación y además se tendría que considerar la función de los posibles factores de confusión (la dosis de té verde, el ayuno, las características físicas de los participantes). En dicho estudio se correlaciona que, unos polifenoles presentes en el té, catequinas poseen propiedades antioxidantes. Podría ser la causa de la disminución de la actividad CK y el aumento del HDL. Este, aunque no sea un factor importante en cuanto al rendimiento deportivo, puede ser importante debido a que dicho aumento puede disminuir en un gran porcentaje el riesgo de enfermedad coronaria.

Suzuki et al. (2015) sugirió que la ingesta aguda de té verde atenúa la disminución posterior al ejercicio en las concentraciones de linfocitos y testosterona. Sin embargo, no parece beneficiar el rendimiento del sprint o reducir los marcadores de oxidación e inflamación en comparación con los carbohidratos solos.

Por último, con respecto al guaraná (*Paullinia cupana*), Veasey et al. (2015) concluyeron que, el consumo de esta planta puede disminuir el esfuerzo percibido durante el ejercicio y aumentar el rendimiento de la memoria. Un componente del guaraná que puede producir dichos efectos es la cafeína pero también se ha comprobado que esta sustancia no es la única responsable, sino que puede deberse otros componentes, también contenidos en la planta, como por ejemplo saponinas o taninos que actúan de forma sinérgica con la cafeína. Estos hallazgos demuestran que consumir un complejo vitamínico y mineral que contiene guaraná, antes del ejercicio, puede tener un impacto positivo en el rendimiento.

6. CONCLUSIONES

Como hemos podido observar a lo largo del trabajo, algunos estudios que utilizan plantas medicinales con cafeína han demostrado mejorar los parámetros de:

- Rendimiento de velocidad. Rendimiento en el tiempo de reacción. Consumo máximo de O₂. Estado antioxidante. Concentración de insulina. Glucosa en plasma. Creatina quinasa y colesterol HDL. Respuesta cognitiva. Esfuerzo percibido. En algunos casos con resultados prometedores en la mejora de estos.

Queda patente la relación entre la cafeína sintética y el aumento del rendimiento deportivo y también que, no existen diferencias significativas entre la utilización de cafeína sintética y la extraída de la planta medicinal. Por lo tanto, el consumo de semillas del ***Coffea sp*** a una concentración estandarizada del principio activo, podría ser utilizado como sustancia ergogénica y particularmente mejorar el rendimiento deportivo.

Sin embargo, las hojas de ***Camelia sinensis*** y semillas del ***Theobroma cacao***, contienen poca cantidad de cafeína. La presencia de otros compuestos requiere de más estudios para confirmar la utilización de dichas especies en la mejora del rendimiento deportivo. Las semillas de ***Paullinia cupana***, a pesar de que sea la droga vegetal con mayor contenido en cafeína, sólo se ha encontrado un estudio. Quizás, porque no es una especie vegetal tan conocida en el viejo continente y por lo tanto poco empleada con tanta regularidad como el café, el té o el cacao. Suele utilizarse juntamente con otros ingredientes en bebidas energizantes, pero con escasa caracterización del contenido en cafeína. Al igual que el té y el cacao, se necesitan mayor número de estudios para su utilización en la mejora del rendimiento deportivo.

La mayoría de las publicaciones son de tres o cuatro años de antigüedad, sería necesario realizar estudios longitudinales con un número mayor y heterogéneo de sujetos, tanto de sexo, nivel de entrenamiento, como de deportes, para relacionar de forma positiva, la mejora del rendimiento deportivo y el consumo de algunas especies vegetales con elevadas concentraciones de cafeína.

En cualquier caso, se debería regular cualitativamente (droga vegetal) como cuantitativamente (valoración de principio activo) por parte de las autoridades sanitarias competentes, aquellos complementos alimenticios que incorporen plantas medicinales con ingredientes activos como la cafeína.



7. BIBLIOGRAFÍA

1. Grijota Pérez FJ, Díaz García J, Pérez Quintero M, Bartolomé Sánchez I, Siquier-Coll J, Muñoz Marín D. Análisis Nutricional en Jóvenes Deportistas Practicantes de Fútbol , Tenis y Baloncesto. *Kronos*. 2017;16(2):1–10.
2. Ministerio de la Presidencia. 4245 Real Decreto 130/2018, de 16 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1487/2009, de 26 de septiembre, relativo a los complementos alimenticios. *Boletín Of del Estado*. 2018;75(1):33335–42.
3. López Mejías A, Vicente-Salar N. Suplementación deportiva [Internet]. 2017 [cited 2018 May 5]. Available from: <https://www.nutrievidence.es/suplementacion-deportiva/>
4. Australian Sports Commission. Group A [Internet]. [cited 2018 May 7]. Available from: <https://www.ausport.gov.au/ais/nutrition/supplements/groupa>
5. Stear SJ, Castell L, Burke L, Spriet LL. BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 6. *Br J Sports Med*. 2010;44:297–8.
6. Astley C, Souza D, Polito M. Acute Caffeine Ingestion on Performance in Young Judo Athletes. *Pediatr Exerc Sci*. 2017;3:336–40.
7. Tarnopolsky MA. Caffeine and Creatine Use in Sport. *Ann Nutr Metab*. 2010;57(s2):1–8.
8. Pardo Lozano R, Alvarez García Y, Barral Tafalla D, Farré Albaladejo M. Cafeína: un nutriente, un fármaco o una droga de abuso. *Adicciones*. 2007;19.
9. Baker LB, Nuccio RP, Jeukendrup AE. Acute effects of dietary constituents on motor skill and cognitive performance in athletes. *Nutr Rev*. 2014;72(12):790–802.
10. Agencia Mundial Antidopaje (AMA). La lista de prohibiciones. La lista de Prohibiciones. 2018. 1-10 p.

11. Van Thuyne W, Delbeke F. Distribution of Caffeine Levels in Urine in Different Sports in Relation to Doping Control Before and After the Removal of Caffeine from the WADA Doping List. *Int J Sports Med.* 2006 Sep;27:745–50.
12. Bruneton J. *Farmacognosia, Fitoquímica, Plantas Medicinales.* 2nd ed. Editorial Acribia S.A; 2001. 1073 p.
13. Kuskoski EM, Roseane F, Garcia A. A, Troncoso G AM. Propiedades Químicas y Farmacológicas del Fruto Guaraná (*Paullinia cupana*). *Vitae.* 2005;12(2):45–52.
14. Temis-Pérez AL, López-Malo Vigil A, Sosa-Morales ME. Producción de café (*Coffea arabica* L.): cultivo, beneficio, plagas y enfermedades. *Temas Sel Ing Aliment.* 2011;5(2):54–74.
15. Sousa M, Fernandes MJ, Moreira P, Teixeira VH. Nutritional Supplements Usage by Portuguese Athletes. *Int J Vitam Nutr Res.* 2013;83(1):48–58.
16. Cobos-Carbó A, Augustovski F. Declaración CONSORT 2010: actualización de la lista de comprobación para informar ensayos clínicos aleatorizados de grupos paralelos. *Med Clin (Barc).* 2011;137(5):213–5.
17. Eichenberger P, Colombani PC, Mettler S. Effects of 3-week consumption of green tea extracts on whole-body metabolism during cycling exercise in endurance-trained men. *Int J Vitam Nutr Res.* 2009;79(1):24–33.
18. Suzuki K, Takahashi M, Li C, Lin S, Tomari M, Shing C, et al. The acute effects of green tea and carbohydrate coingestion on systemic inflammation and oxidative stress during sprint cycling. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(10):997–1003.
19. Trexler ET, Smith-Ryan AE, Roelofs EJ, Hirsch KR, Mock MG. Effects of coffee and caffeine anhydrous on strength and sprint performance. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(6):702–10.
20. Church DD, Hoffman JR, LaMonica MB, Riffe JJ, Hoffman MW, Baker KM, et al. The effect of an acute ingestion of Turkish coffee on reaction time and

- time trial performance. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12(1):1–11.
21. Hodgson AB, Randell RK, Jeukendrup AE. The Metabolic and Performance Effects of Caffeine Compared to Coffee during Endurance Exercise. *PLoS One.* 2013;8(4).
 22. Patel RK, Brouner J, Spendiff O. Dark chocolate supplementation reduces the oxygen cost of moderate intensity cycling. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12(47).
 23. Davison G, Callister R, Williamson G, Cooper KA, Gleeson M. The effect of acute pre-exercise dark chocolate consumption on plasma antioxidant status, oxidative stress and immunoendocrine responses to prolonged exercise. *Eur J Nutr.* 2012;51(1):69–79.
 24. Veasey RC, Haskell-Ramsay CF, Kennedy DO, Wishart K, Maggini S, Fuchs CJ, et al. The effects of supplementation with a vitamin and mineral complex with Guaraná prior to fasted exercise on affect, exertion, cognitive, performance, and substrate metabolism: a randomized controlled trial. *Nutrients.* 2015;7(8):6109–27.
 25. Grgic J, Mikulic P. Caffeine ingestion acutely enhances muscular strength and power but not muscular endurance in resistance-trained men. *Eur J Sport Sci.* 2017;17(8):1029–36.
 26. Graham TE. Caffeine and exercise: metabolism, endurance and performance. *Sport Med.* 2001;31(11):785–807.