

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**SECCIÓN DE FISIOTERAPIA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

---

*Sustancias ergogénicas en el deporte. Una  
revisión bibliográfica.*

*Ergogenic aids in sports. A bibliographic review.*

---

**Joel Rodríguez Mederos**

**Eric Rodríguez Martín**

**CURSO ACADÉMICO 2019-2020**

**CONVOCATORIA DE JUNIO**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**  
**SECCIÓN DE FISIOTERAPIA**

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

---

*Sustancias ergogénicas en el deporte. Una  
revisión bibliográfica.*

*Ergogenic aids in sports. A bibliographic review.*

---

**Joel Rodríguez Mederos**

**Eric Rodríguez Martín**

**CURSO ACADÉMICO 2019-2020**  
**CONVOCATORIA DE JUNIO**

Grado en Fisioterapia  
Asignatura: Trabajo de Fin de Grado

Centro: Universidad de La Laguna

Titulación: Grado en Fisioterapia

DATOS ALUMNO:

Apellidos: Rodríguez Martín

Nombre: Eric

Email: eric.rodriguez.martin@hotmail.com

DATOS ALUMNO:

Apellidos: Rodríguez Mederos

Nombre: Joel

Email: jrodriguezmede13@gmail.com

TÍTULO TRABAJO DE FIN DE GRADO

Sustancias ergogénicas en el deporte. Una revisión bibliográfica

EL TUTOR:

Apellidos: González Brito

Nombre: Aldo Augusto

AUTORIZACIÓN DEL TUTOR

D./ Aldo A. González Brito, Profesor/a del Departamento de Ciencias Médicas Básicas, de la Facultad de Ciencias de La Salud.

AUTORIZA A D. Eric Rodríguez Martín y a D. Joel Rodríguez Mederos, a presentar la propuesta de TRABAJO DE FIN DE GRADO, que será defendido en la convocatoria de junio de 2.020.

En La Laguna, a 4 de junio de 2.020.

Firmado: D. Aldo A. González Brito

**SR./SRA. PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL DE EVALUACIÓN**

## RESUMEN

**Introducción:** El uso de ayudas ergogénicas para mejorar el rendimiento deportivo, está muy extendido en el mundo del deporte. Por ello, sustancias como la arginina, creatina, cafeína, HMB, eritropoyetina y clenbuterol, son de las más utilizadas. Sin embargo, estas tienen tanto efectos positivos como efectos adversos.

**Objetivos:** Revisar la bibliografía existente sobre el uso de este tipo de sustancias en el deporte, analizando los efectos de las mismas y qué deportistas son potenciales beneficiarios por su consumo.

**Material y métodos:** La búsqueda bibliográfica se ha realizado en bases de datos como: “Pubmed”, “Medline”, “SciELO”, “Dialnet”, “PuntoQ de la Universidad de la Laguna”, “Libros de ciencia del deporte”, “Blogs” y “Google Scholar”.

**Resultados:** Se han seleccionado un total de 29 artículos entre los años 2006-2020.

**Conclusiones:** Se ha podido demostrar que el consumo de estas sustancias tiene efectos positivos en diferentes modalidades deportivas, aunque también, cada una de ellas, presentan sus efectos negativos. Sin embargo, aunque los estudios y revisiones en relación al uso de estas sustancias ergogénicas hayan aportado información valiosa, cabe destacar que su consumo debe ser controlado y en algún caso evitado en deportes de competición por estar prohibidos.

**Palabras clave:** Arginina, Creatina, Cafeína, HMB, Eritropoyetina, Clenbuterol, Deporte.

## ABSTRACT

**Background:** The use of ergogenic aids to improve athletic performance, is widespread in the world of sport. Therefore, substances such as arginine, creatine, caffeine, HMB, erythropoietin and clenbuterol are one of the most widely used. However, these have both positive effects and adverse effects.

**Aim:** Review the existing literature on the use of this type of substance in sport, analyzing the effects of them and which athletes are potential beneficiaries for their consumption.

**Materials and methods:** The bibliographic search has been carried out in databases such as: “Pubmed”, “Medline”, “SciELO”, “Dialnet”, “PuntoQ de la Universidad de la Laguna”, “Libros de ciencia del deporte”, “Blogs” y “Google Scholar”.

**Results:** A total of 29 articles have been selected between 2006-2020.

**Conclusions:** It has been shown that the consumption of these substances has positive effects on different sports modalities, but also, each of them, have its negative effects. However, although studies and reviews in relation to the use of these ergogenic substances have provided valuable information, it should be noted that its consumption must be controlled and, in some case avoided in competition sports because it is prohibited.

**Key words:** Arginine, Creatine, Caffeine, HMB, Erythropoietin, Clenbuterol, Sport.

## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Categoría de las ayudas ergogénicas.....	1-3
1.2. Arginina.....	3-4
1.2.1. Efectos principales.....	4-5
1.2.2. Efectos a corto plazo.....	5-6
1.3. Creatina.....	6-7
1.3.1. Efectos principales.....	7-9
1.3.2. Efectos adversos.....	9
1.3.3. Posición de la ISSN.....	10
1.4. Caféina.....	10-11
1.4.1. Efectos principales.....	11-12
1.4.2. Efectos en el ejercicio aeróbico.....	12
1.4.3. Efectos en el ejercicio anaeróbico.....	13-14
1.4.4. Efectos adversos.....	14-15
1.5. Beta-hidroxi Beta-metilbutirato (HMB).....	15-16
1.5.1. Efectos principales.....	16-17
1.5.2. Efectos adversos.....	17
1.6. Eritropoyetina (EPO).....	18-19
1.6.1. Efectos principales.....	19-20
1.6.2. Efectos adversos.....	20
1.7. Clembuterol.....	20-22
1.7.1. Efectos principales.....	22
1.7.2. Efectos adversos.....	23-24

2. OBJETIVOS.....	25
2.1. Objetivo principal.....	25
2.2. Objetivos secundarios.....	25
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	26
3.1. Estrategias de búsqueda bibliográfica.....	26
3.2. Criterios de inclusión.....	26
3.3. Criterios de exclusión.....	26
4. RESULTADOS.....	27-40
5. DISCUSIÓN.....	41
5.1. Arginina.....	41-42
5.2. Creatina.....	42-43
5.3. Cafeína.....	43-44
5.4. Beta-hidroxi Beta-metilbutirato (HMB).....	44
5.5. Eritropoyetina (EPO).....	45
5.6. Clenbuterol.....	46
6. CONCLUSIONES.....	47-48
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	49-59

## 1. INTRODUCCIÓN

El rendimiento deportivo depende de diversos factores que se pueden potenciar para mejorar las características del deportista: condición física, nutrición, técnica, psicología, motivación... Dentro de este grupo de aspectos a mejorar hay uno de vital importancia, que es la nutrición deportiva.

Se sabe que el consumo energético en el deporte es muy elevado, y especialmente en deportes de resistencia y larga duración, el cuerpo necesita un aporte calórico suficiente que garantice un buen rendimiento deportivo durante el entrenamiento y la competición. Desgraciadamente, no hay una dieta genérica para todos los deportistas; al contrario, la dieta debe ser específica e individualizada y contener una composición óptima de todos los nutrientes necesarios: hidratos de carbono, proteínas, lípidos (grasas), vitaminas y minerales.

Más allá de los requerimientos dietéticos óptimos e individualizados, está muy extendido el uso y/o abuso de suplementos dietéticos deportivos y/o ayudas ergogénicas. Según la Federación Española de Medicina del Deporte (FEDEME), se define la ayuda ergogénica como la aplicación de cualquier método o maniobra (ya sea de tipo nutricional, físico, mecánico, psicológico o farmacológico) que se realiza con el fin de mejorar la capacidad de realizar un trabajo físico determinado o el rendimiento deportivo, sin poner en riesgo la salud del deportista, ni violar el espíritu deportivo. (1)

### 1.1. Categorías de las ayudas ergogénicas

En la actualidad, la clasificación de sustancias ergogénicas más conocida y válida, la aporta el Departamento de Nutrición Deportiva del Instituto Australiano del Deporte, el cual se encuentra bajo la supervisión de la Profesora Louis Burke. Esta clasificación se basa principalmente en 4 grupos: Grupos A, B, C y D. (2)

- **Grupo A: Suplementos aprobados**→ Su uso está permitido por los máximos organismos deportivos internacionales, los cuales han evaluado científicamente estos productos para comprobar su eficacia y se ha comprobado que no son perjudiciales ni dañinos para el deportista. (3, 4)



○ **Grupo B: Suplementos bajo consideración**→ Dentro de esta categoría entran aquellos suplementos que no tienen la total evidencia científica sobre los efectos en el rendimiento deportivo, puesto que solo cuentan con un pequeño número de datos preliminares que corroboren la eficacia en el rendimiento. (3, 4)

○ **Grupo C: Suplementos con limitadas pruebas de efectos beneficiosos**→ Dentro de este grupo se encuentran la mayoría de los suplementos utilizados por los deportistas y que por lo tanto no presentan un riesgo potencial para el consumo. Sin embargo, no se ha podido probar del todo que representen un beneficio de cara al rendimiento deportivo debido principalmente a que sus beneficios son mínimos. (3,4)

○ **Grupo D: Suplementos prohibidos**→ Este grupo alberga todos los suplementos que son perjudiciales para la salud y que pueden llegar a ocasionar sanciones por dopaje. (2)

<b>GRUPO A</b>	<b>GRUPO B</b>	<b>GRUPO C</b>	<b>GRUPO D</b>
Bebidas deportivas	Antioxidantes C y E	Picolinato de cromo	Clembuterol
Geles	B-alanina	Coenzima Q10	Eritropoyetina (EPO)
Comidas líquidas	Carnitina	Ginseng	Efedrina
Multivitaminas y minerales	Calostro	Inosina	Estricnina
Barras energéticas	B-Hidroximetilbutirato (HMB)	Piruvato	Sibustramina
Bicarbonato de sodio	Probióticos de protección inmunológica	Ribosa	Dehidroepiandrosterona (DHEA)
Cafeína	Quercetina	Agua oxigenada	Androstenediona, androstenediol
Suplemento de calcio	Aceite de pescado	Triglicéridos de cadena media	19 norandostenediona

Suplemento de hierro	Jugo de remolacha	Ribosa	Tribulus terrestres y otros propulsores de la testosterona
Creatina	Antioxidantes y antiinflamatorios	Glucosamina	Glicerol
Electrolitos		ZMA	
Proteínas del suero de la leche			
Probióticos para la protección del intestino			
Proteína de Soya			

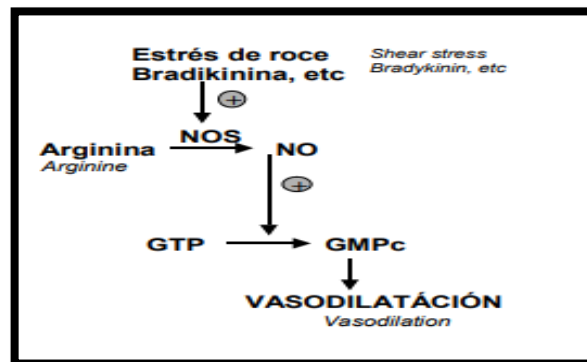
**Tabla 1:** Clasificación de algunos suplementos (Elaboración propia)

## 1.2. Arginina

La arginina es considerada como un aminoácido semi-esencial, precursor del monóxido de nitrógeno u óxido nítrico (NO), en una reacción mediada por la enzima óxido nítrico sintetasa. Esta condición de semi-esencial que define al aminoácido es debido a que puede ser sintetizado en el organismo, pero no en la cantidad necesaria para satisfacer los requerimientos diarios, y por lo tanto hay que ingerir una dieta rica en alimentos que lo contengan, como puede ser el jugo de sandía, mariscos, nueces o proteínas de la carne (5,6). Entre algunas de las características de la arginina, cabe destacar el papel que tiene de estimulante de la función inmunológica, favoreciendo un incremento en el número de leucocitos, sintetizando creatina, poliaminas y ADN (7).

Originalmente se prestaba mucha atención al papel que ejercía la arginina sobre la salud cardiovascular, ya que este aminoácido es precursor del óxido nítrico, una molécula sintetizada en el endotelio vascular con propiedades vasodilatadoras, antiaterogénicas y antiagregante plaquetario (Mecanismo explicado en la tabla 2) (8). Muchos estudios avalan que efectivamente la arginina favorece el aumento de óxido

nítrico, y en los últimos años se ha utilizado en la práctica deportiva para mejorar el rendimiento del deportista. Basado en esta importante acción del NO, ha habido un incremento en el consumo de arginina en el deporte debido a las propiedades que esta molécula ejerce en la recuperación muscular, en la regulación de la contracción muscular, en la respiración mitocondrial y por lo tanto en la mejora del flujo sanguíneo (6). Además, también se ha evidenciado que la suplementación con arginina disminuye las concentraciones de lactato (LA) y amoniaco (este último es convertido en urea y eliminado a través de la orina), ambos metabolitos implicados en el desarrollo de la fatiga muscular. El amoniaco (NH<sub>3</sub>) es un compuesto químico cuya molécula está formada por un átomo de nitrógeno y tres átomos de hidrógeno. En disolución acuosa, como el medio interno humano, este se transforma en ion amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). El amonio es, por naturaleza, tóxico, pues puede atravesar la barrera hematoencefálica, ingresar en el sistema nervioso central (SNC) e impedir que las motoneuronas funcionen de manera adecuada, ocasionando fatiga central. Por lo tanto, se puede afirmar que la arginina ayuda a evitar el cansancio (fatiga) durante el ejercicio (9,38).



**Tabla 2:** Mecanismo de acción de la arginina en la vasodilatación (8)

### 1.2.1. Efectos principales

Los efectos de la arginina siguen siendo controversiales. De hecho, en individuos sedentarios o moderadamente entrenados, se ha visto que cuando se combina con otra sustancia (L-citrulina y derivados del nitrato) parece aumentar la tolerancia al ejercicio en este tipo de sujetos. Sin embargo, en individuos altamente entrenados, la combinación con tal sustancia no presenta ninguna eficacia (6). A pesar de esta afirmación, en 2010, Bailey y colaboradores (6) demostraron en un estudio que la

combinación de 6 gramos/día de arginina con otros aminoácidos (incluyendo la citrulina), antioxidantes y vitaminas dio como resultado un consumo de oxígeno ( $VO_2$ ) más bajo durante el ejercicio con bicicleta de baja intensidad y un aumento en el tiempo hasta el agotamiento, durante ejercicio de bicicleta de alta intensidad. Otro estudio realizado ese mismo año por Camic y colaboradores (6), combinó la suplementación de arginina con extracto de semilla de uva durante 28 días, y en una prueba incremental en bicicleta, también observó un aumento en el tiempo de ejercicio hasta el agotamiento.

Un estudio realizado en 2005 por Abel y colaboradores (6) con ciclistas de resistencia, demostró que no existía diferencia en la mejora del rendimiento físico ni en la respuesta fisiológica al combinar 5,7 gramos de arginina con aspartato durante un periodo de 28 días. Esto se puede deber, tal y como mencionó en 2012 Bescós y colaboradores (6), a que las mejoras en las funciones cardiovasculares y metabólicas anulan en atletas cualquiera de los efectos positivos de una dieta con suplementación de arginina.

Años más tarde, en 2009, Koppo y colaboradores (6) afirmaron que 2 semanas de suplementación con 6 gramos diarios de arginina aceleraron significativamente la fase II de la cinética del consumo de oxígeno, en ejercicios de intensidad moderada.

En 2010, Olek y colaboradores (6) publicaron que la suplementación de arginina tomando 2 gramos, 60 minutos antes del ejercicio, no mejoraron el rendimiento en la prueba de Wingate de 30 segundos en bicicleta o el consumo de oxígeno.

### **1.2.2. Efectos a corto plazo**

La suplementación con arginina a corto plazo parece no tener influencia en cuanto a los parámetros como el óxido nítrico, la oxigenación muscular, el consumo de oxígeno, el lactato o la secreción de la hormona del crecimiento. Tampoco produce cambios sobre el dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ) o el nitrato ( $NO_3$ ) (9).

A pesar de esto, algunos estudios afirman haber obtenido un aumento del volumen sanguíneo, descenso de la presión arterial en reposo y un aumento de la citrulina con la ingesta de arginina a corto plazo. Sin embargo, y hasta donde las investigaciones

han podido concluir, la suplementación de corta duración con L-arginina no ayuda a mejorar el rendimiento deportivo (9).

### **1.3. Creatina**

La creatina es una sustancia que se encuentran de forma natural en el cuerpo, principalmente en la carne roja y los mariscos. La mayoría está en el músculo esquelético, alrededor de un 95%, mientras que el 5% restante se encuentra en pequeñas cantidades en el cerebro y los testículos (13).

Este compuesto, sintetizado en forma artificial, se ha empleado con éxito en la medicina para el tratamiento de personas intervenidas quirúrgicamente o en fase de rehabilitación, tras lesiones severas, con el objetivo de ayudar en la recuperación de la masa muscular, y también en cardiópatas. para elevar la funcionalidad cardiovascular.

En 2002, Barbany (12) comentó que el organismo humano precisa una cantidad total de 2 gramos de creatina diarios, de los cuales el 50% es sintetizado por el propio organismo mediante el hígado y páncreas (y en muy baja proporción en otros órganos como el cerebro), a través de dos enzimas: arginina y glicina amidinotransferasa (AGAT), que forma guanidinoacetato, y guanidinoacetato metiltransferasa (GAMT), que sintetiza la creatina. Ésta es transportada a los tejidos que la necesitan, especialmente músculo y cerebro. El otro 50% debe ser aportado a través de la dieta, principalmente en pescado, carne, leche, huevos o en ciertos vegetales (12).

La creatina es una de las ayudas ergogénicas nutricionales más populares para los atletas. Se encuentra en grandes cantidades en la dieta y, por lo tanto, su uso no está prohibido por ninguna organización deportiva (13). Se sabe que aproximadamente el 50% de los deportistas participantes en Juegos Olímpicos y el 90% de los culturistas y levantadores de pesas la ingieren habitualmente (11).

Está indicada en ejercicios de corta duración con recuperación corta y efectos puntuales de fuerza, que trabajan la potencia isométrica muscular (halterofilia en la fase final, velocidad), o intermitentes en deportes mixtos (aeróbicos-anaeróbicos): fútbol, baloncesto, tenis, balonmano, squash, etc. (10)

En 2014, la National Collegiate Athletic Association (NCAA) informó que la creatina se encontraba entre los suplementos dietéticos más populares tomados por sus

atletas masculinos, y que la tasa de consumo en atletas femeninas era de un 0.2 a un 3.8% en varios deportes (13).

Béisbol	28.1%
Baloncesto	14.6%
Fútbol	27.5%
Golf	13%
Hockey hielo	29.4%
Lacrosse	25.3%
natación	19.2%
Tenis	12.9%
Atletismo	16.1%
Lucha libre	28.5%

**Tabla 3:** Consumo de creatina en diferentes deportes (13)

### 1.3.1. Efectos principales

Cabe destacar que muchos autores han reportado que la creatina mejora la masa muscular y ayuda a desarrollar la potencia, ya que la disponibilidad de fosfocreatina para las fibras de tipo II es un factor limitante para el mantenimiento de la fuerza muscular durante el ejercicio de intensidad elevada y corta duración, mientras que en los esfuerzos de resistencia ésta no se altera (10). Sin embargo, en la mujer los incrementos de masa corporal son menores tras la suplementación. El 55% de este incremento es debido al aumento de agua intracelular. Sin embargo, en personas mayores (60-80 años) el incremento de masa corporal tras 30 días de ingestión, o de una carga aguda de 5 días de creatina, es nulo o menor a 0.5 kg (11).

Diversos estudios demuestran que una dosis de 1g no modifica los niveles musculares, pero una de 5g los incrementa de forma significativa, además de mejorar el rendimiento en esfuerzos de entre 6-30 segundos de duración, realizados a la máxima intensidad y con pocos minutos de recuperación entre repeticiones (10).

Izquierdo y cols. (12) en 2002 analizaron los efectos de la suplementación con 20g de creatina administrada durante 5 días en 19 jugadores de balonmano entrenados. Para ello se midió la fuerza y potencia máximas y el nivel de fatiga en repeticiones máximas

(RM) de press de banca y squat-jump (SJ), salto con contramovimiento en plataforma de contacto (CMJ), 6 sprints máximos de 15 m y un test de resistencia discontinuo ascendente hasta el agotamiento. Además, se tomaron muestras de sangre y de orina para determinar las concentraciones de lactato y Cr. Los resultados obtenidos son un incremento de la masa muscular, el número máximo de repeticiones hasta la fatiga y la potencia en press de banca y SJ, la fuerza máxima tras el SJ y el tiempo empleado en el primero de los 6 sprints. No se obtuvieron mejoras en la fuerza máxima del tren superior ni en la carrera de resistencia.

También en 2002, Kilduff y cols. (12) analizaron la influencia de la suplementación con creatina sobre la fuerza isométrica en press de banca en 32 corredores de fondo entrenados. En este caso se realizaron cinco contracciones máximas y se determinó la composición corporal antes y después de la ingestión de 20 g de creatina diarios durante 5 días. Los resultados indicaron que la suplementación provocó un aumento significativo del pico de fuerza y del trabajo total durante la contracción isométrica. También aumentó el peso corporal y la masa muscular. De este estudio se desprende que tanto el pico de fuerza máxima como la fuerza total en contracción isométrica se ven incrementados en corredores de fondo entrenados tras una suplementación con creatina, si bien también se produce un aumento del peso corporal que puede resultar limitante para el rendimiento deportivo en esta modalidad atlética.

Ööpik y cols. (12) estudiaron el efecto de la suplementación con creatina junto con la ingesta de carbohidratos sobre la recuperación de masa corporal y el aumento del rendimiento deportivo tras una pérdida de peso post-ejercicio en un grupo de 5 luchadores entrenados. Para ello, se elaboró una dieta suplementada con hidratos de carbono y creatina para ser ingerida durante las 17 horas siguientes. Asimismo, se midió la fuerza máxima, submáxima y trabajo total de extensión de rodilla antes de la pérdida de peso, tras el periodo de reducción de peso y tras el periodo de suplementación. Los resultados obtenidos son en parte contrarios al estudio de Kilduff y cols, ya que señalan que la suplementación con creatina junto con hidratos de carbono mejora la recuperación del nivel de fuerza máxima y la capacidad total de trabajo en los sujetos estudiados debido a una mayor retención de creatina en la musculatura y no al aumento de masa muscular. En conclusión, podemos decir en base a este estudio que la suplementación con creatina y carbohidratos mejora el

rendimiento deportivo en luchadores entrenados, aunque los resultados no son del todo fiables debido al reducido número de sujetos en la muestra.

### **1.3.2. Efectos adversos**

Existen diversos estudios que confirman que la creatina tiene efectos secundarios no deseados:

- Algunos autores documentan el riesgo de lesión muscular, sobre todo en época de calor (10,11).
- Aumento de peso corporal de 1-3 kg en los primeros días tras la suplementación durante una semana de 20g diarios de creatina: esto parece ser debido a una retención hídrica, provocando adicionalmente la posibilidad de deshidratación (10,11).
- Muchos autores ven necesario realizar estudios a largo plazo por el posible efecto sobre la filtración glomerular y presión arterial tras un consumo excesivo y prolongado, así como su posible efecto cancerígeno (10,11).
- También señalan la aparición de calambres musculares tras la ingesta de creatina. Además, numerosos atletas han alegado calambres, lo que se ha atribuido a un desbalance electrolítico muscular. En contraste, son numerosos los estudios que no refieren ningún tipo de molestia muscular (10,11).
- Presencia de náuseas, vómitos o diarrea tras la ingesta de creatina, sobre todo si la ingesta es excesiva (40g/d) o a largo plazo (3-5 meses). Puede ser causado por la ingestión de otras sustancias junto con la creatina, como la glucosa que, en grandes cantidades, puede saturar la capacidad de absorción del intestino (10,11).



### **1.3.3. Posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (ISSN)**

La creatina es el suplemento nutricional ergogénico más efectivo y estudiado, actualmente disponible para los atletas con la intención de aumentar la capacidad de ejercicio de alta intensidad y la masa corporal magra durante el entrenamiento.

Si se adoptan las precauciones y la supervisión adecuadas, la suplementación con creatina en niños y adolescentes atletas es aceptable y puede proporcionar una alternativa nutricional con un perfil de seguridad favorable a los fármacos androgénicos anabólicos potencialmente peligrosos. Sin embargo, se recomienda que la suplementación con creatina solo se considere para el uso de atletas más jóvenes que:

- a) Estén involucrados en un entrenamiento supervisado serio/competitivo.
- b) Consuman una dieta equilibrada y que mejore el rendimiento.
- c) Tengan conocimiento sobre el uso apropiado de la creatina.
- d) No excedan las dosis recomendadas.

La adición de carbohidratos o carbohidratos y proteínas a un suplemento de creatina parece aumentar la concentración muscular de creatina, aunque el efecto sobre el rendimiento puede no ser mayor que el uso de creatina solo (13).

## **1.4. Cafeína**

La cafeína es una sustancia alcaloide del grupo de las xantinas, que actúa como una droga psicoactiva y estimulante, que suele encontrarse en semillas, hojas y frutos de algunas plantas, y su principal efecto es ejercido sobre el sistema nervioso central (SNC) (16), causando entre otros efectos un aumento en la lipólisis, la reducción de la concentración de potasio durante el ejercicio, aumenta la contracción muscular y ahorro del glucógeno muscular, lo que implica un beneficio en ejercicios a largo plazo (15).

En el ámbito deportivo, la cafeína estuvo prohibida desde 1984, pero fue eliminada de la lista de sustancias prohibidas de la Agencia Mundial Antidopaje (WADA) en el 2004. En la actualidad, los deportistas pueden tomar cafeína libremente en el entrenamiento y la competición sin miedo a que sean sancionados por la normativa

antidopaje. Así, tres de cada cuatro deportistas consumen cafeína antes o durante la competición deportiva, siendo en los deportes de resistencia (ciclismo, triatlón, remo) donde emplean esta ayuda ergogénica en mayor medida (14).

Una de las razones por las que la Agencia Mundial Antidopaje (WADA) eliminó la cafeína de la lista de las sustancias prohibidas, fue que muchos expertos consideraban que la sustancia era omnipresente en gran variedad de bebidas y alimentos, por lo que los atletas podían ser sancionados por un consumo social o dietario de la cafeína. Además, la cafeína es metabolizada en diferente grado en cada individuo y, por lo tanto, las concentraciones de orina pueden variar considerablemente y no siempre tener correlación con la dosis ingerida (17).

Teniendo en cuenta que la cafeína tiene propiedades ergogénicas en ejercicios de resistencia y que se ha demostrado que puede aumentar la vigilancia durante episodios de ejercicio exhaustivo prolongado, así como en períodos de privación de sueño sostenido, su uso se ha generalizado tanto en deportistas de élite como en aficionados (13), convirtiéndose en la ayuda ergogénica más empleada en el ámbito deportivo, por sus efectos demostrados para mejorar el rendimiento (14).

### **1.4.1. Efectos principales**

Son muchos los efectos positivos que produce el consumo de cafeína en el deporte; muchos estudios destacan que este suplemento tomado a dosis pequeñas, moderadas y altas tienen un mayor efecto en las actividades aeróbicas (17).

Se sabe que la cafeína ayuda a mejorar el rendimiento en numerosas situaciones deportivas dependiendo siempre de variables como la intensidad del ejercicio, cantidad de dosis administrada, habituación y nivel de entrenamiento de los sujetos, etc. Además, las evidencias presentadas en numerosos estudios sugieren que la cafeína potencia directamente la fuerza del músculo esquelético, el trabajo y la potencia, que puede contribuir a mejorar el rendimiento deportivo (17).

Costill y cols. (20), fueron de los primeros científicos contemporáneos en reportar que, en ciclistas competitivos, la ingesta de 330 g de cafeína tenía un efecto ergogénico para el ejercicio de larga duración, ya que elevaba la concentración plasmática de

catecolaminas y propusieron que este era el mecanismo por el cual se estimulaba el metabolismo de las grasas.

### **1.4.2. Efectos en el ejercicio aeróbico**

Muchos son los estudios que se han realizado en deportistas con el fin de comprobar si el consumo de cafeína mejora el rendimiento deportivo en ejercicios aeróbicos.

Se ha comprobado que en actividades comprendidas entre los 5 y los 15 minutos, a una intensidad entre el 85-100% del máximo consumo de oxígeno, los hallazgos descritos son contradictorios. Sin embargo, en ejercicios de duración comprendida entre 30 y 60 minutos, cuya intensidad está entre el 60-85% del máximo consumo de oxígeno, sí se ha demostrado un claro efecto ergogénico por parte de la cafeína en la mayoría de los estudios y con dosis de cafeína similares (3-6 mg/kg) (18).

Por otro lado, en cuanto a mejoras en las marcas deportivas, se ha podido saber que tras la ingesta de cafeína en ejercicios tales como remar durante 2000 metros o una carrera sobre 1500 metros, ha habido una mejora de la marca, mientras que una media maratón en condiciones calurosas o en actividades de mayor duración (100 km de contrarreloj) no se encontró mejora de la marca (18).

Además, un estudio realizado en atletas entrenados (17), mostró que la administración de 6 mg/kg de cafeína 60 minutos antes del ejercicio, mejoraba el rendimiento de los participantes en una prueba de ejercicio prolongado intermitente de alta intensidad, en el que se combinaban sprints máximos con períodos de recuperación activa durante 2 partes de 36 minutos separadas por 10 minutos de descanso pasivo. No obstante, un estudio realizado en 2005 con corredores de élite masculinos de larga distancia, concluyó que la dosis de 5 mg/kg de cafeína aplicada a los sujetos 60 minutos antes de la prueba no era efectiva para mejorar el rendimiento en el test de Course-Navette (17).

Por lo tanto, se han publicado efectos contradictorios en deportistas de similar condición y que reciben dosis diferentes, 60 minutos antes de comenzar la prueba.

### 1.4.3. Efectos en el ejercicio anaeróbico

Por el contrario, y a diferencia de los ejercicios aeróbicos, en este tipo de ejercicios, los estudios son menos numerosos y muestran una gran discrepancia. Un estudio indica que existe un efecto ergogénico en actividades anaeróbicas de duración relativamente alta (60 segundos) y corta (6 segundos), mientras que no existe beneficio alguno con duraciones intermedias de 30 segundos (18).

Un estudio llevado a cabo con ciclistas evaluó el rendimiento en una contrarreloj de 1 km en cicloergómetro. Para ello, consumieron una pastilla de 5 mg/kg de cafeína 75 minutos antes de la prueba. Los resultados mostraron una disminución en el tiempo de realización de la prueba, aumento de la velocidad media y la potencia, por lo que hubo una mejora del rendimiento deportivo en este ejercicio de alta intensidad y corta duración (19).

Otro estudio en ciclistas entrenados midió la capacidad de sprint mediante un ejercicio en cicloergómetro de 4 series de 5 minutos realizando 5 sprints máximos de 30 segundos. Los ciclistas masticaron un chicle con 240 mg de cafeína durante 5 minutos a la finalización de la segunda serie. El resultado fue que la cafeína redujo la fatiga durante las series de sprints, lo que puede llevar a mejoras en el rendimiento de alta intensidad en ciclistas. De esta forma, tal y como respaldan los estudios más actuales, la cafeína posee un efecto ergogénico sobre el rendimiento en ejercicios de alta intensidad y corta duración. (19)

En cuanto al efecto de la cafeína en ejercicios de fuerza, Woolf et al (19) llevó a cabo un estudio con 18 hombres entrenados que ingirieron 5 mg/kg de cafeína 60 minutos antes del ejercicio. Se midieron las repeticiones realizadas, así como el peso total en un test de prensa de pierna y otro de press de banca. La ingesta de cafeína aumentó el peso total levantado en el press de banca, mientras que no se observaron diferencias en el test de prensa de piernas. Por otra parte, el estudio de Glaister et al (19), empleó un protocolo en cicloergómetro consistente en series de sprints máximos de 6 segundos que los sujetos realizaban 1 hora después de haber tomado una cápsula de cafeína de 5 mg/kg, lo que generó un valor más alto en la potencia máxima. En conclusión, ambos estudios demuestran como dosis de 5 mg/kg de cafeína aumentan la potencia y la fuerza muscular en deportistas entrenados.

El estudio más significativo para conocer cuál es la dosis de cafeína más aceptada, fue realizado con atletas entrenados utilizando 3 dosis diferentes, 3, 6 y 9 mg/kg, evaluando los efectos sobre dos test neuromusculares de press de banca y full squat con cargas incrementales seguidos de un test de carga inercial en cicloergómetro. Los resultados revelaron que para cargas ligeras cualquier dosis tenía efectos beneficiosos. Para cargas medias, la dosis de 3 mg/kg no mejoró la potencia ni la velocidad muscular en press de banca ni full squat. La dosis de 9 mg/kg mejoró la velocidad en el press de banca y la potencia en el full squat con las cargas más pesadas. No hubo diferencias significativas con las dosis de 3 y 6 mg/kg en el test del cicloergómetro, mientras que la dosis de 9 mg/kg mejoró la potencia máxima generada. La dosis de 9 mg/kg incrementó drásticamente la frecuencia de los efectos secundarios adversos. Por lo tanto, concluyeron que la dosis de cafeína requerida para que se genere una mejora del rendimiento neuromuscular depende de la magnitud de la carga empleada (19).

#### **1.4.4. Efectos adversos**

Los efectos adversos derivados de la ingesta de cafeína han sido reportados en multitud de estudios, ya que es algo que va implícito junto al consumo de la sustancia. En ocasiones, cuando estos efectos aparecen, no impiden que el deportista mejore su rendimiento, como en el caso de los remeros del estudio de Carr et al (19) que mejoraron su tiempo en la prueba de 2.000 metros en el remoergómetro.

Sin embargo, en otras ocasiones, los efectos secundarios influyen sobre el deportista imposibilitando la mejora de su rendimiento, como en el trabajo de Share et al (19) realizado con deportistas de élite de tiro al plato, que experimentaron síntomas como dolor de cabeza, ansiedad y temblores tras la ingesta de cafeína, los cuales afectaron especialmente a la precisión de los tiradores.

<b>EFFECTOS ADVERSOS</b>
Cefalea
Insomnio
Irritabilidad
Nerviosismo
Crisis de angustia

Ataques de pánico
Taquicardia
Aumento del estado de alerta
Temblores
Hiperactividad
Psicosis aguda
Hiperreflexia
Espasmos musculares
Palpitaciones
Alcalosis respiratoria
Gastritis
Úlcera péptica
Reflujo gastroesofágico
Esofagitis erosiva

**Tabla 4:** Efectos adversos de la cafeína (20)

### **1.5. Beta-hidroxi Beta-metilbutirato (HMB)**

HMB o beta-hidroxi beta-metilbutirato es un subproducto de la leucina, aminoácido esencial, del que se conoce que influye en el metabolismo de proteínas musculares y la integridad de la membrana celular, y que promueve la ganancia de masa libre de grasa (21).

El HMB se ha utilizado ampliamente como ayuda ergogénica, particularmente extendido entre los culturistas y atletas de fuerza/potencia, que lo utilizan para mejorar el rendimiento del ejercicio y la hipertrofia del músculo esquelético; aunque muchos estudios hayan descubierto resultados contradictorios tal y como comenta Wilson et al en un estudio realizado en 2008 (25).

Esta sustancia se prescribe normalmente en dosis de 3 gramos diarios divididas en tres dosis, tras el desayuno, comida y cena, y se ha observado que durante un mínimo de 2 semanas aumenta la masa magra. En individuos no entrenados; con dosis más altas no se ha demostrado que aumente el efecto al incrementar la dosis. (21, 26). Por otro lado, se ha demostrado que el consumo de 1 gramo de HMB tarda

aproximadamente 2 horas en lograr su pico de concentración máximo y dura 90 minutos en la sangre (24).

### **1.5.1. Efectos principales**

Las evidencias actuales aportan que el HMB tiene un efecto menor sobre la fuerza, el daño muscular, la composición corporal, y el rendimiento físico, especialmente entre los deportistas (18). Sin embargo, su eficacia real está aún en evaluación, pues la mayoría de sus efectos positivos en el rendimiento físico han sido estudiados en sujetos sedentarios que iniciaban un programa deportivo, por lo cual también podría ser un efecto placebo o propio del entrenamiento en sí (24).

El 1996, Nissen y cols. (26) publicaron el primer artículo sobre la suplementación de HMB en humanos. En este artículo se mostró que en sujetos sometidos durante tres semanas a entrenamiento de resistencia y una dosis de suplementación de 3 g de HMB al día, incrementaban la fuerza y la masa muscular, mientras que presentaron una disminución en la proteólisis muscular, la concentración en suero de enzimas relacionadas con daño muscular y la concentración en plasma de aminoácidos esenciales. Gracias a sus estudios, establecieron la hipótesis de que el HMB participa en un proceso de inhibición de la proteólisis muscular.

En 2009, se realizó un estudio (25) para comprobar la fuerza y composición corporal en deportistas tras la suplementación con HMB. Tras 3 sesiones semanales con al menos 1 día de descanso, los resultados mostraron un aumento de la fuerza muscular cuando se realizaba la extensión de la pierna, mientras que no hubo efectos claros al realizar ejercicios de press de banca o curl de bíceps. En conclusión, la suplementación con HMB muestra que, en los hombres entrenados, los suplementos de HMB junto con el entrenamiento de resistencia pueden tener resultados significativamente mejores en la fuerza del tren inferior, si bien, en el tren superior no se muestra mejora (28).

Años más tarde, en 2014, Wilson JM et al (27) se centró en investigar los efectos de 12 semanas de suplementación con HMB en personas entrenadas para medir la resistencia del músculo esquelético, la hipertrofia muscular, la fuerza y la composición corporal. Los resultados del estudio mostraron una mayor fuerza al realizar ejercicios de press de banca, sentadillas y peso muerto y un aumento de la potencia en el salto

vertical. Además, también se produjo aumento de la masa muscular, así como una disminución de la grasa corporal. La suplementación con HMB mejoró la percepción de los sujetos en la recuperación tras los entrenamientos. Sin embargo, no hubo diferencias de HMB en los análisis de sangre, hematología y orina (25).

### 1.5.2. Efectos adversos

Son varios estudios los que informan de tendencias fuertes en lugar de mejoras estadísticamente significativas de fuerza y resistencia. También hay extremadamente pocos datos de los efectos adversos del HMB sobre las variables hematológicas, hepáticas, renales o actividad cardíaca. Esta falta de datos de seguridad no justifica recomendar HMB como suplemento dietético. Solo después de ensayos más grandes controlados con placebo de HMB y su perfil de efectos adversos se ha definido mejor si será posible recomendar el uso de HMB como suplemento dietético (47).

Vía de síntesis de ATP	Dosis recomendada	Observaciones	Efectos adversos	Deportes que se benefician de su uso
Anaeróbica aláctica	3 g/día en 3 tomas; antes del entrenamiento y las otras 2 con las comidas	Tomar entre 30 min y 1 h antes del entrenamiento	Ganancia de peso	Atletismo (100 y 200 m lisos) Lanzamiento de peso Natación (50 y 100m) Halterofilia Piragüismo

**Tabla 5:** Resumen del uso de HMB (29)



## **1.6. Eritropoyetina (EPO)**

La Eritropoyetina (EPO) es una hormona producida de forma natural por los riñones que estimula la producción de glóbulos rojos. De hecho, esta hormona es la responsable de la elevada producción de glóbulos rojos observada en los entrenamientos realizados en altitud (31).

Actúa sobre las células eritroides progenitoras de la médula ósea: controlando la maduración y diferenciación de los glóbulos rojos en la médula ósea. Funciona de tal manera que, al disminuir la oxigenación de los tejidos, aumenta la síntesis y secreción renal de EPO; aumentando sus niveles plasmáticos y la producción de glóbulos rojos, incrementando así la capacidad de transporte de oxígeno en sangre, y disminuyendo la hipoxia tisular (30).

Además, la EPO se ha demostrado eficaz para aumentar la concentración de hemoglobina, el consumo máximo de oxígeno y la capacidad de trabajo físico y con esto obtener mejores resultados en las pruebas. (33)

El primer caso en que se demostró el uso de esta hormona fue el 24 de julio de 1998, cuando se le administró a la ciclista Festina Armin Mejer para comprobar sus efectos secundarios. Desde entonces la EPO fue incluida en la lista de sustancias dopantes prohibidas por el Comité Olímpico Internacional (COI), debido a que actúa como un agente efectivo para incrementar el rendimiento deportivo y es utilizada ampliamente por los atletas de todo el mundo (30, 32).

En las últimas dos décadas se ha incrementado su uso en los adolescentes y adultos que practican deportes de alto rendimiento, como duatlón (atletismo y ciclismo) o los que hacen ciclismo de ruta, en quienes se han detectado casos de dopaje en competiciones internacionales; mediante el uso de eritropoyetina recombinante humana, a fin de incrementar la concentración de hemoglobina para mejorar la oxigenación muscular (30). Es por ello por lo que, tal y cómo se demuestra en la tabla número 6, la EPO es de las sustancias más utilizadas en el deporte.

Sustancias	Frecuencia	Porcentaje
Bebidas Energéticas	1	0,93
Esteroides Anabólicos	20	18,69
Eritropoyetina – EPO	15	14,02
Mariguana	12	11,21
Anfetaminas	5	4,67
Anti-inflamatorios	5	4,67
Clembuterol	8	7,48
Hormona de Crecimiento	9	8,41
Cafeína	2	1,87
Voltaren	1	0,93
Paracetamol	1	0,93
Creatina	1	0,93
Sulbutamol	3	2,80
Tapcin	1	0,93
Estimulantes para captación de O <sub>2</sub>	1	0,93
Testosterona	5	4,67
Dilatadores	2	1,87
Cortisol	1	0,93
Diuréticos	2	1,87
Insulina	1	0,93
Tiamina	1	0,93
Guaraná	1	0,93
GW50	3	2,80
Efedrina	1	0,93
Pseudoefedrina	2	1,87
Dexametasona	2	1,87
Incorrecta	1	0,93
<b>Total</b>	<b>108</b>	<b>100</b>

**Tabla 6:** Muestra que la EPO se encuentra entre las sustancias más utilizadas en el deporte aun estando prohibida. (2013) (33)

### 1.6.1. Efectos principales

Entre los beneficios de esta sustancia, su objetivo es incrementar el número de glóbulos rojos, aumentando así la capacidad de transporte de oxígeno en sangre (31). Los glóbulos rojos son los encargados de transportar el 99% del oxígeno en la sangre. Al recibir inyecciones de EPO sintética, el deportista aumenta su concentración de glóbulos rojos, con lo que los músculos pueden recibir más oxígeno por litro de sangre, mejora el rendimiento aeróbico y se retrasa la aparición de la fatiga. Por ello, los deportistas que practican pruebas de resistencia como el ciclismo, el maratón o la marcha atlética son los que más se podrían beneficiar del consumo de esta sustancia (33).

Se ha demostrado que tras 4 a 6 semanas de la administración de la EPO aumenta el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máximo) de un 6% a 8%, la capacidad de ciclismo submáximo a 80% de VO<sub>2</sub> máximo por 54% con tiempo de agotamiento y rendimiento de carrera submáximo en aproximadamente 6% con prueba de tiempo de 3000 m (32).

Robach y col. (62) compararon los efectos ergogénicos de la EPO durante la hipoxia normobárica y normoxia en sujetos físicamente activos y encontraron que la mejora relativa de VO<sub>2</sub>máx inducida por la administración de la EPO fue mayor a una altitud

simulada hasta 3500 m en comparación con la normoxia, mientras que, por encima de 3500 m, VO<sub>2</sub> máximo permaneció inalterado por la administración de EPO.

### **1.6.2. Efectos adversos**

Entre los efectos adversos más destacados, se pueden desarrollar trombos con riesgo posterior de infarto del miocardio, embolia pulmonar o cerebral. Cuando los deportistas se inyectan esta sustancia incrementan su hematocrito (los valores normales en un atleta son de 42 y 45%), de tal manera que cuando el hematocrito supera la cifra del 55% la sangre ya no circula con fluidez por los vasos: es aquí donde reside el principal riesgo para los deportistas. Por ello, aquellos deportistas que muestren un hematocrito de 50% o más, son suspendidos de la competición y sometidos a controles estrictos de dopaje (30).

El empleo ilícito de eritropoyetina por algunos atletas, ha dado lugar a varios casos de muerte súbita. En atletas la eritropoyetina produce un aumento de los glóbulos rojos y de la viscosidad sanguínea que, cuando se agrava por la deshidratación de un ejercicio intenso, origina tromboembolismos fatales (32).

Cazzola (2000) y De Bortoli (2003) demuestran que el uso de eritropoyetina aumenta la actividad endotelial y la reactividad plaquetaria en seres humanos y esto puede aumentar substancialmente el riesgo de complicaciones tromboembólicas, y también implica un aumento de la tensión arterial sistólica durante ejercicio submáximo (33).

### **1.7. Clembuterol**

Al igual que la Eritropoyetina (EPO), el clembuterol se encuentra dentro de la lista de sustancias no permitidas en el deporte para la Agencia Mundial Antidopaje, ya que, de acuerdo a sus normas, los agonistas  $\beta_2$  se encuentran proscritos en los deportes (36). A pesar de ello, cada vez son más los culturistas y aficionados al fitness que consumen esta sustancia por sus potentes efectos hipertróficos y lipolíticos (34). Debido a estos efectos, el clembuterol es mayormente utilizado por este grupo de deportistas como agente anabólico, tomándose dosis de 60 a 160 miligramos diarios (36).

Terapéuticamente, esta sustancia es utilizada como medicamento broncodilatador en pacientes con asma, mientras que, en las ya mencionadas disciplinas deportivas, su uso ilegal es debido a que produce un aumento en la síntesis proteica muscular y una disminución en la degradación de la misma, o una combinación de ambas, que producen hipertrofia muscular (35).

El clenbuterol promueve la producción de adrenalina en el organismo, lo que a su vez provoca un aumento de la temperatura corporal (65).

Hay varias maneras descritas de utilizarlo para obtener los efectos deseados, mediante el consumo en diferentes ciclos:

- Ciclo piramidal → la dosis de clenbuterol está relacionada con el sexo. Así que tenemos que referirnos por separado a mujeres y hombres (65)

<b>Para los hombres:</b>			
<b>DÍAS DE USO</b>	<b>NIVEL: PRINCIPIANTE</b>	<b>NIVEL: CATEGORÍA MEDIA</b>	<b>NIVEL: AVANZADO</b>
1 a 3 DÍAS DE USO	20 mcg / día	20 mcg / día	40 mcg / día
4 a 7 DÍAS DE USO	30 mcg / día	40 mcg / día	70 mcg / día
8 a 11 DÍAS DE USO	40 mcg / día	60 mcg / día	100 mcg / día
12 a 14 DÍAS DE USO	50 mcg / día	80 mcg / día	120 mcg / día
<b>Para mujeres:</b>			
<b>DÍAS DE USO</b>	<b>NIVEL: PRINCIPIANTE</b>	<b>NIVEL: CATEGORÍA MEDIA</b>	<b>NIVEL: AVANZADO</b>
1 a 3 DÍAS DE USO	20 mcg / día	20 mcg / día	40 mcg / día
4 a 7 DÍAS DE USO	25 mcg / día	30 mcg / día	60 mcg / día
8 a 11 DÍAS DE USO	30 mcg / día	40 mcg / día	80 mcg / día
12 a 14 DÍAS DE USO	35 mcg / día	50 mcg / día	100 mcg / día

**Tabla 7:** Consumo de clenbuterol para el ciclo piramidal

- Ciclo de 6 semanas → Esto suele ser adecuado para aquellos que se preparan para una competencia o apuntan a la pérdida de los últimos kilos persistentes (65)

<b>Para los hombres:</b>			
<b>SEMANAS DE USO</b>	<b>NIVEL: PRINCIPIANTE</b>	<b>NIVEL: CATEGORÍA MEDIA</b>	<b>NIVEL: AVANZADO</b>
1 SEMANA DE USO	20 mcg / día	30 mcg / día	40 mcg / día
2 SEMANAS DE USO	40 mcg / día	50 mcg / día	60 mcg / día
3 SEMANAS DE USO	60 mcg / día	70 mcg / día	90 mcg / día
4 SEMANAS DE USO	80 mcg / día	90 mcg / día	110 mcg / día
5 SEMANAS DE USO	100 mcg / día	110 mcg / día	120 mcg / día
6 SEMANAS DE USO	100 mcg / día	110 mcg / día	120 mcg / día
<b>Para mujeres:</b>			
<b>SEMANAS DE USO</b>	<b>NIVEL: PRINCIPIANTE</b>	<b>NIVEL: CATEGORÍA MEDIA</b>	<b>NIVEL: AVANZADO</b>
1 SEMANA DE USO	10 mcg / día	15 mcg / día	20 mcg / día
2 SEMANAS DE USO	20 mcg / día	30 mcg / día	40 mcg / día
3 SEMANAS DE USO	30 mcg / día	45 mcg / día	60 mcg / día
4 SEMANAS DE USO	40 mcg / día	60 mcg / día	80 mcg / día
5 SEMANAS DE USO	50 mcg / día	75 mcg / día	100 mcg / día
6 SEMANAS DE USO	50 mcg / día	75 mcg / día	100 mcg / día

**Tabla 8:** Consumo de clenbuterol para el ciclo de 6 semanas

- Ciclo de 12 semanas → Esta es una forma más lenta de usar Clembuterol, aumentando gradualmente cada 2 o 3 semanas. Indicativamente, debajo de un horario de dosis, recomendado (65)

Para los hombres:			
	NIVEL: PRINCIPIANTE	NIVEL: CATEGORÍA MEDIA	NIVEL: AVANZADO
1 a 3 SEMANAS DE USO	20 mcg / día	40 mcg / día	60 mcg / día
4 a 6 SEMANAS DE USO	40 mcg / día	60 mcg / día	80 mcg / día
6 a 8 SEMANAS DE USO	60 mcg / día	80 mcg / día	100 mcg / día
8 a 10 SEMANAS DE USO	80 mcg / día	100 mcg / día	110 mcg / día
10 a 12 SEMANAS DE USO	100 mcg / día	120 mcg / día	120 mcg / día
Para mujeres:			
	NIVEL: PRINCIPIANTE	NIVEL: CATEGORÍA MEDIA	NIVEL: AVANZADO
1 a 3 SEMANAS DE USO	20 mcg / día	20 mcg / día	20 mcg / día
4 a 6 SEMANAS DE USO	30 mcg / día	30 mcg / día	40 mcg / día
6 a 8 SEMANAS DE USO	40 mcg / día	45 mcg / día	60 mcg / día
8 a 10 SEMANAS DE USO	50 mcg / día	60 mcg / día	80 mcg / día
10 a 12 SEMANAS DE USO	60 mcg / día	75 mcg / día	100 mcg / día

**Tabla 9:** Consumo de clembuterol para el ciclo de 12 semanas

La FDA (Food and Drugs Administration) no ha aprobado el clembuterol para su uso en humanos. Los veterinarios administran clembuterol para eliminar la obstrucción de las vías respiratorias en caballos, y fuera de los Estados Unidos, ocasionalmente se usa para tratar la enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) (67).

### 1.7.1. Efectos principales

Además de lo dicho anteriormente, los efectos positivos que tiene el clembuterol en el cuerpo son muy escasos en comparación con los efectos adversos, que se comentarán posteriormente.

Tras el consumo de clembuterol, también se han demostrado cambios en la formación de ARN de transcripción para proteínas musculares como la actina y la miosina, lo que genera ese aumento muscular ya comentado (34,35). Otra de las acciones que produce el consumo de clembuterol es la disminución en la cantidad de la grasa. Se ha demostrado la degradación de triacilgliceroles en adipocitos, la inhibición de la síntesis de ácidos grasos y de triacilglicerol (35).

### 1.7.2. Efectos adversos

Son muchos los efectos adversos que lleva consigo el consumo de clenbuterol, motivo por el cual se le considera una sustancia prohibida en el mundo del deporte además de la ventaja que genera con respecto al resto de participantes.

Cuando el clenbuterol se consume en grandes cantidades, produce la inflamación de la arquitectura hepática y de los conductos biliares, con frecuencia de carácter crónico y acompañada de trastornos nutritivos. (36)

Muchos de los efectos adversos que han sido documentados tras la ingesta de la sustancia son de carácter cardíaco. Se ha comprobado que genera arritmias como fibrilación auricular. Los casos sospechosos de intoxicación requieren vigilancia médica por el riesgo de presentarse complicaciones cardiovasculares, aunque generalmente su evolución es benigna. Además, se ha asociado también a daño miocárdico, principalmente de tipo isquémico y al desarrollo de edema agudo pulmonar. Se encuentra documentado un caso de infarto de miocardio asociado al uso de clenbuterol en un adolescente fisio culturista (36)

Uno de los casos más graves asociado al consumo de esta sustancia ha sido la muerte súbita relacionada con el ejercicio con el uso prolongado del clenbuterol. Por otro lado, la ingesta de carne contaminada con clenbuterol ha dado casos de dopaje en el deporte, como fue el caso de Alberto Contador, ciclista español de alto rendimiento quien dio positivo en sangre (1 pg/mL) y orina (50 pg/mL), alegando como causa la ingesta de carne contaminada. Todo esto sucedió en el Tour de Francia 2010. Ante la imposibilidad en su defensa de demostrar la contaminación cárnica fue sancionado económicamente y penalizado dos años fuera de competición, siendo desprovisto del título (36).

<b>EFFECTOS ADVERSOS</b>
Taquicardia
Libido
Hipocalcemia
Hipofosfatemia
Hipomagnesemia
Palpitaciones
Aumento de la presión sanguínea

Aumento de la sudoración
Dolor de cabeza
Náuseas
Nerviosismo
Inquietud
Temblores
Vómitos
Dolor de pecho
Boca seca
Calambres musculares
Regulación baja de la temperatura corporal

**Tabla 10:** Principales efectos adversos reportados del clenbuterol (37)

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo principal**

Analizar mediante una revisión bibliográfica el uso de las sustancias ergogénicas descritas en el deporte.

### **2.2. Objetivos secundarios**

- Analizar críticamente los beneficios que estas sustancias tienen en deportistas tras su consumición.
- Determinar los perjuicios de estas sustancias en deportistas.
- Conocer, mediante una búsqueda propia, la disponibilidad de estas sustancias en el mercado.



### **3. MATERIAL Y MÉTODOS**

#### **3.1. Estrategias de búsqueda bibliográfica**

La búsqueda de la información utilizada para llevar a cabo esta revisión bibliográfica la hemos realizado entre los meses de enero y mayo de 2020 en artículos que se encontraban publicados en diferentes bases de datos: “Pubmed”, “Medline”, “SciELO”, “Dialnet”, “PuntoQ de la Universidad de la Laguna”, “Libros de ciencia del deporte”, “Blogs” y “Google Scholar”.

Las palabras clave utilizadas para esta búsqueda han sido las siguientes: “Sustancias ergogénicas”, “Sustancias ergogénicas en el deporte”, “Arginina en el deporte”, “Suplementación con Arginina”, “Creatina en el deporte”, “Suplementación con Creatina”, “Cafeína en el deporte”, “Suplementación con Cafeína”, “HMB en el deporte”, “Suplementación con HMB”, “Eritropoyetina en el deporte”, “Suplementación con Eritropoyetina”, “Clenbuterol en el deporte” y “Suplementación con Clenbuterol”.

Para la selección de los artículos publicados se siguieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

#### **3.2. Criterios de inclusión**

- Artículos publicados desde el 2006 hasta el 2020 para la búsqueda de información de las sustancias.
- Artículos publicados en inglés o español que cumplan con los objetivos del estudio.

#### **3.3. Criterios de exclusión**

- Artículos que no sean publicados en inglés y español.
- Artículos publicados antes del año 2006.
- Artículos o estudios que no cumplen con los objetivos del estudio.

## 4. RESULTADOS

A continuación, se presenta una tabla con los resultados obtenidos de las diferentes sustancias ergogénicas, distribuidas de la siguiente manera y en el siguiente orden:

- 5 artículos sobre la arginina.
- 5 artículos sobre la creatina.
- 5 artículos sobre la cafeína.
- 5 artículos sobre el HMB.
- 5 artículos sobre la eritropoyetina (EPO).
- 4 artículos sobre el clenbuterol.

Además, se han sintetizado los datos de cada uno de los artículos encontrados, presentados con las siguientes columnas:

- Autor(es) y año de publicación
- Diseño
- Muestra
- Objetivo(s)
- Conclusión(es)

<b>Autores y Año</b>	<b>Diseño</b>	<b>Muestra</b>	<b>Objetivo(s)</b>	<b>Conclusión(es)</b>
Ahmet Mor1, Tulin Atan, Seydi Ahmet Agaoglu, Mustafa Ayyildiz (39)  (2018)	Ensayo clínico controlado	28 futbolistas varones	Determinar los efectos de la suplementación con arginina en el rendimiento anaeróbico y la recuperación	La arginina reduce la cantidad de ácido láctico, disminuye la cantidad de grasa corporal, reduce la frecuencia cardíaca y además acelera la recuperación.

<p>Andrade WB, Jacinto JL, da Silva DK, Roveratti MC, Estoche JM, Oliveira DB, Balvedi MCW, da Silva RA, Aguiar AF. (40) (2018)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>20 jóvenes adultos</p>	<p>Investigar los efectos de la suplementación con l-arginina en la recuperación muscular después de una sola sesión de ejercicio de resistencia de alta intensidad (RE).</p>	<p>La suplementación con l-arginina no mejora la recuperación muscular después de una sesión de ejercicio de resistencia de alta intensidad en adultos jóvenes.</p>
<p>Pahlavani N, Entezari MH, Nasiri M, Miri A, Rezaie M, Bagheri-Bidakhavidi M, Sadeghi O (48) (2017)</p>	<p>Ensayo doble ciego, aleatorizado y controlado</p>	<p>56 jugadores de fútbol masculinos</p>	<p>Investigar el efecto de la suplementación con l- arginina sobre el rendimiento deportivo y la composición corporal en jugadores de fútbol masculinos.</p>	<p>La suplementación con l- arginina (2 g por día) podría aumentar el rendimiento deportivo en atletas masculinos, pero no tuvo efecto en las mediciones antropométricas , incluidos el IMC, el BFM y el LBM.</p>
<p>Juliano Casonatto, Daniele Mantovani Zago, Daniel Massaharu Enokida, Kamila Grandolfi, Andreo Fernando Aguiar (49)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>20 participantes, adultas, pre hipertensas e hipertensas</p>	<p>Investigar los efectos de la suplementación de L-arginina en la hipotensión post ejercicio, área de la arteria femoral y variabilidad</p>	<p>La suplementación de L-arginina puede potencializar los efectos hipotensores post ejercicio en mujeres de la tercera edad. Además, la suplementación</p>

(2019)			de la frecuencia cardíaca en mujeres de la tercera edad.	de L-arginina no está asociada a las respuestas de variabilidad de la frecuencia cardíaca o del área de la arteria femoral.
Fabiano Ferreira de Lima, Taís Feitosa da Silva, Manoel Miranda Neto, Luciana Tavares Toscano, Cássia Surama Oliveira da Silva, Alexandre Sérgio Silva (50)	Ensayo clínico doble ciego. Placebo y aleatorizado	20 adultos hipertensos	Verificar si una sola dosis de L-arginina mejora la hipotensión post-ejercicio (HPE) en hipertensos.	Una dosis única de L-arginina antes del ejercicio mejora la HPE diastólica.
(2020)				
Wang CC, Fang CC, Lee YH, Yang MT, Chan KH (41)	Ensayo doble ciego aleatorizado	30 atletas masculinos universitarios de los deportes de baloncesto, béisbol y tchoukball	Conocer los efectos de un entrenamiento de 4 semanas de suplementación con creatina en el rendimiento deportivo y marcadores de daño tisular	La suplementación con creatina combinada con entrenamiento complejo mejoró la fuerza muscular máxima y daño muscular reducido durante el entrenamiento.
(2018)				Se descubrió que el suplemento de rendimiento de

<p>Hummer E , Suprak DN , Buddhade HH , Brilla L , San Juan JG (42)</p> <p>(2019)</p>	<p>Ensayo clínico. Doble ciego</p>	<p>22 sujetos (6 mujeres y 16 varones)</p>	<p>Investigar los efectos de un suplemento de rendimiento de múltiples ingredientes formulado con creatina y electrolitos sobre el rendimiento de fuerza y potencia en comparación con un placebo.</p>	<p>múltiples ingredientes formulado con creatina tuvo mayores beneficios en la fuerza máxima de press de banca y sentadilla, así como en las pruebas de repetición múltiple para fatigar durante el ejercicio de press de banca</p>
<p>Szabo, A., Szemerszky, R., Dömötör, Z., de la Vega, R. and Köteles, F (51)</p> <p>(2017)</p>	<p>Ensayo clínico doble ciego.</p>	<p>79 estudiantes universitarios</p>	<p>Se analiza el efecto placebo de la creatina monohidrato sobre el rendimiento en un ejercicio anaeróbico</p>	<p>Una dosis única de creatina monohidrato no afecta al rendimiento anaeróbico; en las condiciones cuyo desafío era de baja dificultad e importancia de manera subjetiva, no surgió efecto.</p>
<p>Hugo Daniel Cerón Pérez, Daniel García Salazar, Julio César Dávila Ulloa, Lucía Rodríguez Camacho, Adrián Jefté Elías Jiménez, Adriana</p>	<p>Ensayo clínico controlado</p>	<p>4 atletas varones de élite</p>	<p>Comparar los cambios en pruebas tales como carrera de 15 m, saltos en plataforma, fuerza máxima en aparatos de gimnasio y cambios antropométricos iniciales y</p>	<p>Se corroboraron los promedios alcanzados y sí hubo diferencias significativas entre el inicio de la suplementación y el final de la misma.</p>

Romero Gómez Pedroso (52)  (2017)			finales en gimnastas de modalidad artística	
Darren G. Candow, Emelie Vogt, Sarah Johannsmeyer, Scott C. Forbes, and Jonathan P. Farthing (53)  (2015)	Ensayo de doble ciego	64 adultos mayores de 50 años	Conocer el efecto que tiene la suplementación con creatina en entrenamiento de resistencia en personas mayores	La suplementación con creatina mejora la fuerza muscular, con mayores ganancias en la masa de tejido magro como resultado del post-ejercicio con la suplementación con creatina.
Abian P, Del Coso J, Salinero JJ, Gallo- Salazar C, Areces F, Ruiz- Vicente D, Lara B, Soriano L, Muñoz V, Abian-Vicen J. (43)  (2014)	Ensayo doble ciego. Placebo controlado y experiment al aleatorizado	16 jugadores de bádminton de élite	Investigar la efectividad de una bebida energética con cafeína para mejorar el rendimiento deportivo en jugadores de bádminton profesionales	El uso de bebidas energéticas que contienen cafeína puede ser una ayuda nutricional efectiva para aumentar el rendimiento del salto y los patrones de actividad durante el juego en jugadores de bádminton de élite.
Juan Diego Hernánde z-Camacho,			Analizar el efecto de la ingestión de	La ingestión de 4mg/kg de cafeína podría ser una ayuda ergogénica para

<p>Javier Vázquez-Carrión, Elena Fuentes-Lorca, Heliodoro Moy a-Amaya (44)</p> <p>(2017)</p>	<p>Estudio doble ciego. Placebo-control y aleatorizado</p>	<p>17 jugadores de la categoría Sub-19 de un equipo amateur español</p>	<p>cafeína en el rendimiento en fútbol, específicamente en el test de salto en contramovimiento (CMJ).</p>	<p>mejorar el rendimiento en fútbol. Se requieren más estudios con mayor tamaño muestral para confirmar los resultados.</p>
<p>César Gallo-Salazar, Francisco Areces, Javier Abián-Vicén, Beatriz Lara, Juan José Salinero, Cristina Gonzalez-Millán, Javier Portillo, Victor Muñoz, Daniel Juarez, Juan Del Coso (54)</p> <p>(2015)</p>	<p>Ensayo de doble ciego con placebo controlado y experiment al aleatorizado</p>	<p>14 jugadores de tenis de élite</p>	<p>Investigar la efectividad de una bebida energética con cafeína para mejorar el rendimiento físico en jugadores de tenis junior de élite.</p>	<p>La ingesta previa al ejercicio de una bebida energética con cafeína aumentó la fuerza de agarre, la carrera de alta intensidad y tendió a aumentar el porcentaje de puntos ganados en el servicio.</p>
<p>Carlos Puente Torres (55)</p> <p>(2017)</p>	<p>Ensayo experiment al, doble ciego, controlado con placebo, aleatorizado y balanceado</p>	<p>16 jugadores jóvenes de baloncesto varones</p>	<p>Determinar la efectividad de una bebida energética con sobre habilidades técnicas y físicas de jugadores adolescentes de baloncesto.</p>	<p>La ingesta de cafeína no aumentó el número total de tiros libres anotados, mejoro la altura del salto máximo, pero no la potencia media en la fase concéntrica del salto. Además, hubo una mejoría en la potencia media</p>

				del tren inferior en los test de salto máximos en 15 segundos
Jesse A Stein, Melitza Ramirez, Katie M Heinrich (56)  (2019)	Diseño cruzado de doble ciego	13 hombres entrenados en CrossFit	Determinar los efectos de la suplementación con cafeína en el rendimiento de CrossFit	La suplementación con cafeína aumentó el número de repeticiones realizadas en individuos entrenados con CrossFit. Sin embargo, no se encontraron cambios significativos en las respuestas perceptivas durante el ejercicio.
Krzysztof Durkalec-Michalski, Jan Jeszka, and Tomasz Podgórski (45)  (2017)	Ensayo doble ciego. Placebo controlado y aleatorizado	57 varones entrenados en deportes de combate, de los cuales 42 completaron el estudio completo (13 luchadores, 12 judokas y 17 atletas de jiu-jitsu)	Comprobar el efecto del HMB sobre la capacidad física, la composición corporal y el valor de los parámetros bioquímicos en atletas de deportes de combate altamente entrenados tras una suplementación de 12 semanas	Los resultados indican que el suministro de HMB promueve cambios ventajosos en la composición corporal y estimula un aumento en la capacidad aeróbica y anaeróbica en los atletas de deportes de combate.



<p>Francisco Javier Albert García (46)  (2015)</p>	<p>Ensayo a doble ciego. Diseño cruzado</p>	<p>8 varones futbolistas</p>	<p>Estudiar el efecto de la suplementación de HMB en la función muscular después de esfuerzos de alta intensidad y de naturaleza intermitente, así como ver la respuesta de los marcadores hematológicos y bioquímicos sensibles al daño muscular producido por un esfuerzo intermitente de alta intensidad.</p>	<p>La suplementación de HMB durante 8 días (3g/día) tuvo un efecto positivo en indicadores de recuperación de la función neuromuscular, así como sobre el dolor muscular post-esfuerzo percibido, en cuádriceps y tríceps sural.</p>
<p>H.R. Ferreira, P. Gill, J.P. Loures, R.R. Oliveira, J. Fernandes Filho, L.C. Fernandes (57)  (2017)</p>	<p>Estudio aleatorizado , doble ciego prospectivo, controlado y placebo</p>	<p>24 kayakistas varones de élite.</p>	<p>Comprobar el efecto de la ingesta de 3 g/día-1 de <math>\beta</math>-hidroxi-<math>\beta</math>-metilbutirato en los parámetros de la curva fuerza-tiempo en kayakistas de élite.</p>	<p>Mejóro la capacidad para generar energía, que puede estar asociada con la administración de suplementos de HMB, sin embargo, el mecanismo por el que esto puede ocurrir es aún desconocido.</p>
			<p>Evaluar los efectos del</p>	<p>Los resultados concluyeron que ni HMB-Ca ni HMB -FA mejoraron la hipertrofia o redujeron el</p>

<p>Tritto AC, Bueno S, Rodrigues RMP, Gualano B, Roschel H, Artioli GG (58)</p> <p>(2019)</p>	<p>Estudio aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo.</p>	<p>44 hombres entrenados en fuerza.</p>	<p>ácido libre de HMB -FA y la sal de calcio (HMB -Ca) sobre la fuerza, la hipertrofia y los marcadores de daño muscular.</p>	<p>daño muscular. HMB -FA, pero no HMB -Ca resultó en una mejora estadísticamente significativa pero menor en el máximo de una repetición de press de pierna.</p>
<p>Correia ALM, de Lima FD, Bottaro M, Vieira A, da Fonseca AC, Lima RM (59)</p> <p>(2018)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>23 varones jóvenes entrenados</p>	<p>Investigar los efectos de una dosis única de suplementos de ácido libre de <math>\beta</math>-hidroxi-<math>\beta</math>-metilbutirato (HMB -FA) en la recuperación muscular después de un ejercicio de alta intensidad.</p>	<p>Una dosis única de suplementos de HMB -FA mejora la recuperación de la capacidad de trabajo después de un ejercicio de alta intensidad. Sin embargo, HMB -FA no afectó el curso temporal de la hinchazón muscular, el torque isométrico voluntario máximo (MVIT) y recuperación del salto de contramovimiento (CMJ).</p>
			<p>Comparar los resultados de los niveles de</p>	<p>El comportamiento fisiológico de los niveles séricos de la EPO en los deportistas</p>

<p>Martha Inés Bernal García, Shirley Gigiola Cruz Rubio (60)</p> <p>(2016)</p>	<p>Estudio de tipo cuantitativo descriptivo y transversal</p>	<p>20 deportistas de nivel competitivo</p>	<p>EPO sérica endógena en dos grupos de deportistas ciclistas de nivel competitivo en diferentes altitudes de entrenamiento sobre el nivel del mar.</p>	<p>nativos de la altura moderada, no siempre aumenta, así como los procesos de adaptación, aclimatación y entrenamiento habitual en deportistas con programas de preparación a diferentes altitudes.</p>
<p>Jules A A C Heuberger, Joris I Rotmans, Pim Gal, Frederik E Stuurman, Juliëtte van 't Westende, Titiaan E Post, Johannes M A Daniels, Matthijs Moerland, Peter L J van Veldhoven, Marieke L de Kam, Herman Ram, Olivier de Hon, Jelle J Posthuma, Jacobus Burggraaf, Adam F Cohen (61)</p> <p>(2017)</p>	<p>Ensayo doble ciego, aleatorizado controlado con placebo</p>	<p>Ciclistas masculinos bien entrenados de 18 a 50 años (18–34 años y 35–50 años)</p>	<p>Determinar los efectos del tratamiento con EPO en ciclistas bien entrenados sobre el rendimiento máximo, submáximo y racial y sobre la seguridad, y presentar un estudio clínico modelo para la investigación de dopaje en otras sustancias.</p>	<p>Aunque el tratamiento con EPO mejoró una prueba de laboratorio de ejercicio máximo, el rendimiento de la prueba de ejercicio submáximo más clínicamente relevante y el rendimiento en la carrera no se vieron afectados.</p>

<p>Haile Diresibachew W, Durussel Jérôme, Mekonen Wondyefraw, Ongaro Neford, Anjila Edwin, Mooses Martin, Daskalaki Evangelia, Mooses Kerli, McClure John D, Sutehall Shaun, Pitsiladis Yannis P (62)</p> <p>(2019)</p>	<p>Estudio de cohorte</p>	<p>20 corredores keniatas de resistencia</p>	<p>Evaluar los efectos de la EPO en los parámetros hematológicos y de rendimiento en corredores de resistencia crónicos adaptados a la altitud en comparación con los atletas a nivel del mar.</p>	<p>Cuatro semanas de EPO aumentaron la concentración de hemoglobina y el hematocrito de los corredores de resistencia de Kenia en menor medida. Estas alteraciones se asociaron con mejoras similares en el rendimiento de la carrera inmediatamente después de la administración y 4 semanas después de EPO.</p>
<p>Domingo J. Ramos Campo, Fernando Martínez Sánchez, Paula Esteban García, Jacobo A. Rubio Arias, José F. Jiménez Díaz (63)</p> <p>(2012)</p>	<p>Ensayo clínico aleatorizado</p>	<p>18 atletas de élite</p>	<p>Analizar los efectos sobre el VO<sub>2</sub>max y la Eritropoyetina (EPO) producidos por un programa de hipoxia intermitente (IHT) de siete semanas de duración en triatletas.</p>	<p>El programa de IHT propuesto ha producido beneficios significativos sobre el VO<sub>2</sub> máximo relativo y absoluto y sobre la hormona EPO, parámetro clave en la eritropoyesis.</p>
			<p>Examinar los registros (1947–2008) del Tour de Francia, Giro</p>	<p>Los resultados revelados normalmente distribuidos corresponden con el análisis sociohistórico de Brewer</p>

Hein Lodewijkx and Bram Brouwer (64)  (2011)	Revisión sistemática	181 ciclistas profesionales	de Italia y Vuelta a España evaluar el tiempo que les tomó a los ciclistas ganar la carrera.	(2002) de carreras profesionales en carretera, lo que sugiere que los efectos de la EPO en los logros de los ciclistas profesionales pueden ser sobreestimado.
Jo Stam (65)  (2019)	Revisión sistemática	Mujeres y hombres que han consumido clenbuterol	Conocer la sustancia, así como sus efectos en el cuerpo	La sustancia clenbuterol, es una sustancia realmente drástica, pero incluso en este caso no puede actuar por sí sola sin ninguna contribución del usuario. Sin embargo, antes que pensar en los beneficios, hay que pensar en los riesgos de la misma.
Paul Tornetta y Thomas A. Einhorn (66)  (2006)	Revisión bibliográfica	Pacientes con problemas ortopédicos	Conocer la efectividad del clenbuterol en pacientes ortopédicos	20 µg dos veces al día en estos pacientes mejora la fuerza del cuádriceps
Diane M Spurlock, Tara G McDanel, Lauren M McIntyre (68)	Ensayo clínico controlado	Ganado porcino	Identificar nuevos genes y vías fisiológicas que potencialmente faciliten la	El clenbuterol aumentó la producción de muchos genes (en las células grasas)

(2007)			reducción inducida por clenbuterol de la acumulación de adiposo.	implicados en el metabolismo de las grasas, disminuyendo las reservas de grasa y el tamaño de las células grasas
Yang Li, Jin He, Shunchao Sui, Xiaoxiang Hu, Yaofeng Zhao, Ning Li (69)  (2012)	Ensayo clínico controlado	Ganado porcino	Determinar si el clenbuterol altera la histona desmetilasa JHDM2a	El clenbuterol aumenta los niveles de un regulador genético (histona desmetilasa JHDM2a) al activar los receptores beta-2 (a través de la vía de la proteína quinasa A). Este regulador controla los genes metabólicos (y otros relacionados), lo que finalmente disminuye el tamaño de las células grasas

**Tabla 12:** Resultados de la búsqueda bibliográfica de sustancias ergogénicas.

**Disponibilidad de estas sustancias en el mercado:** Además de haber realizado una búsqueda bibliográfica de estas sustancias, hemos llevado a cabo una búsqueda propia en diferentes tiendas de venta de sustancias ergogénicas. Tras esto, hemos podido identificar lo siguiente sobre su venta:

- **Arginina**

- Tiendas nutrición deportiva (Canary Sport, TiendaCulturista...)
- Herbolarios
- Comercio electrónico (Amazon, HSN...)
- Grandes empresas (Corte Ingles, Decathlon)

- **Creatina**

- Tiendas nutrición deportiva (Canary Sport, TiendaCulturista...)
- Herbolarios
- Comercio electrónico (Amazon, HSN...)
- Grandes empresas (Corte Ingles, Decathlon)

- **Cafeína**

- Tiendas nutrición deportiva (Canary Sport, TiendaCulturista...)
- Herbolarios
- Comercio electrónico (Amazon, HSN...)
- Grandes empresas (Corte Ingles, Decathlon)

- **HMB**

- Tiendas nutrición deportiva (Canary Sport, TiendaCulturista...)

- **Eritropoyetina**

- Mercado negro
- Farmacia (elaboración propia en laboratorios para uso clínico)

- **Clembuterol**

- Mercado negro
- Farmacia (elaboración propia en laboratorios para uso clínico)

## **5. DISCUSIÓN**

Con este trabajo, tras la búsqueda de diferentes trabajos científicos y mediante la interpretación de los resultados, hemos tratado de verificar y analizar los efectos que tienen las sustancias ergogénicas escogidas (arginina, creatina, cafeína, HMB, EPO y clenbuterol) en el deporte. Por otra parte, se ha intentado explicar de la mejor manera posible los riesgos y efectos adversos que estas sustancias producen.

Un número elevado de los estudios analizados e incluidos en esta revisión bibliográfica presenta una deficiencia metodológica importante: un tamaño muestral reducido, tal es así que el artículo con una mayor muestra incluye 79 participantes. Además, para saber los efectos de una ingesta de estos suplementos nutricionales, quizás se deberían realizar investigaciones y estudios con períodos más prolongados de seguimiento en los participantes, para poder así establecer con mayor certeza, los posibles daños ocasionados en atletas también a largo plazo.

Además, tras la búsqueda hemos comprobado la escasa existencia de estudios asociados a deportistas de eritropoyetina y clenbuterol, las cuales son sustancias prohibidas. Esto puede deberse a los múltiples efectos adversos que presentan, no solo en el ámbito deportivo, y a que los deportistas son reacios a la ingesta de estos productos ya que se exponen al riesgo de positivo en dopaje. La mayoría de estos estudios (que probablemente si de hacen) no se publican porque su destino es el uso fraudulento de esas sustancias en el deporte, y deben permanecer en el anonimato.

Son muchos los estudios llevados a cabo para conocer los efectos de estas sustancias en deportistas. La gran mayoría de estudios presentan resultados beneficiosos tras el consumo de las mismas en diferentes modalidades. Sin embargo, son escasos los estudios que no han obtenido los resultados esperados de las sustancias ingeridas.

### **5.1. Arginina**

Tras la revisión de estudios sobre los efectos de la arginina, hemos comprobado que estos son muy contradictorios. Muchas investigaciones exponen efectos positivos cuando la arginina es suplementada a dosis altas (6 gramos), mientras que otros obtuvieron los efectos a dosis bajas (2 gramos).



El estudio llevado a cabo por Pahlavani N et al. (48), demuestra que el consumo de 2 gramos diarios de arginina, podría llegar a mejorar el rendimiento deportivo en atletas masculinos, pero las mediciones antropométricas no se vieron modificadas. Sin embargo, el estudio realizado por Ahmet Mor et al. (39), concluyó que, 6 gramos diarios de arginina, reduce la grasa corporal en futbolistas, por lo que las medidas antropométricas se vieron modificadas. Además, los resultados obtenidos mostraron una reducción en la cantidad de ácido láctico y la frecuencia cardíaca y una aceleración en la recuperación. Por otra parte, a diferencia del estudio de Ahmet Mor, Andrade WB et al. (40) sostiene que 6 gramos diarios de arginina, no mejora la recuperación muscular en ejercicios de resistencia de alta intensidad en adultos jóvenes.

Dos estudios recientes muestran que la arginina a dosis altas tiene efectos beneficiosos en cambios del sistema cardiovascular. Juliano Casonatto et al. (49), investigó los efectos de la suplementación de arginina con 8 gramos diarios en la hipotensión post ejercicio en el área de la arteria femoral, mientras que Fabiano Ferreira de Lima et al. (50) hizo lo propio, pero con 7 gramos diarios. En el primer caso, el estudio concluyó que con esa cantidad de sustancia se podrían potenciar los efectos hipotensores en mujeres deportistas de tercera edad, pero no hubo respuestas de variabilidad de la frecuencia cardíaca o del área de la arteria femoral. Por el contrario, una dosis única de 7 gramos de arginina antes del ejercicio mejora la hipotensión diastólica.

## **5.2. Creatina**

En relación a los estudios revisados de creatina, se ha visto que se han descrito efectos beneficiosos, teniendo una mayor relevancia en actividades anaeróbicas.

Darren G. Candow et al. (53) demostró que el consumo de 0.1 g/Kg de peso en adultos de más de 50 años mejoraba la fuerza muscular, con ganancias en la masa de tejido magro post ejercicio tras el consumo de creatina. También, Wang CC (41) llevó a cabo un estudio para demostrar los efectos de 4 semanas de suplementación de creatina con dosis de 20 gramos en atletas universitarios. Al igual que el anterior, se consiguieron los efectos deseados, puesto que la dosis mejoró la fuerza muscular máxima con respecto al grupo placebo y redujo el daño muscular durante el entrenamiento.

Otro estudio de Hugo Daniel Cerón Pérez et al. (52) comparaba los efectos iniciales y finales en pruebas atléticas de carreras de 15 metros, saltos en plataforma, fuerza máxima en aparatos de gimnasio y los cambios antropométricos. Tras el estudio, se obtuvieron diferencias significativas en todos los apartados tras la suplementación con creatina. Por su parte, Hummer E et al. (42) estudió los efectos de 4 gramos de creatina diarios en ejercicios de fuerza-potencia de press de banca y sentadillas. Finalmente obtuvo beneficios en la fuerza máxima de press de banca y sentadilla, así como en las pruebas de repetición múltiple para fatigar durante el ejercicio de press de banca.

En contraposición, Szabo A et al. (51) estudió los efectos de 80 mg/Kg de peso de creatina en ejercicios anaeróbicos tras una sesión de suplementación. Concluyeron con que esta dosis de creatina no afecta al rendimiento anaeróbico. Probablemente, a la falta de expectativas evocadas sobre los efectos de la creatina y a que el estudio duró una sesión de entrenamiento.

### **5.3. Cafeína**

Con respecto a los estudios revisados de suplementación con cafeína, todos los estudios utilizaron dosis similares en diferentes modalidades deportivas con los resultados esperados.

Abian P et al. (43) investigaron la efectividad de una bebida energética con 3 mg/Kg de peso de cafeína en jugadores de bádminton, para comprobar si el rendimiento deportivo mejoraba. Concluyeron con que el uso de bebidas energéticas que contienen cafeína aumentaba el rendimiento del salto y los patrones de actividad durante el juego en jugadores de bádminton de élite. Un año después, Gallo-Salazar C et al. (54) llevaron a cabo el mismo estudio y con la misma dosis, pero esta vez con jugadores de tenis profesionales. Al igual que el anterior estudio, se obtuvieron beneficios en cuanto a la fuerza de agarre, la carrera de alta intensidad y el porcentaje de puntos ganados en el servicio. También, Carlos Puente Torres (55) investigó los efectos de una bebida energética con 3 mg/Kg de cafeína en jugadores adolescentes de baloncesto. Este estudio, a diferencia de los otros, no mejoró el número total de tiros libres anotados ni la potencia media en la fase concéntrica del salto. Sin embargo, si hubo mejoras en el salto máximo y en la potencia media del tren inferior en los test de salto máximo en 15 segundos.

Juan Diego Hernández-Camacho et al. (44), analizó el efecto de 4 mg/Kg de peso de cafeína en el rendimiento deportivo de futbolistas. Los resultados obtenidos concluyeron que la cafeína podría llegar a mejorar el rendimiento deportivo, aunque se necesitan más estudios debido al escaso número de participantes y a la corta duración de la investigación. Por su parte, Jesse A Stein et al. (56) investigaron los efectos de 5 mg/Kg de cafeína en hombres entrenados en crossfit. La suplementación con cafeína resultó ser beneficiosa, ya que aumentaron el número de repeticiones realizadas, pero no encontraron cambios en las respuestas perceptivas durante el ejercicio.

#### **5.4. Beta-hidroxi Beta-metilbutirato (HMB)**

Las investigaciones llevadas a cabo con suplementación de HMB son las que más coinciden en cuanto a los resultados esperados y las dosis administradas, siendo su aplicación más extendida en ejercicios de fuerza-potencia.

Francisco Javier Albert García (46) llevó a cabo un estudio con 8 futbolistas cuyos resultados concluyeron que la suplementación de 3 gramos diarios de HMB durante un corto periodo de 8 días, mejoró la recuperación neuromuscular, disminuyendo, por lo tanto, el dolor en tríceps sural y cuádriceps. Similares efectos obtuvieron Correia ALM et al. (59), que investigaron los efectos de 3 gramos diarios de HMB en ejercicios de alta intensidad. El estudio, al igual que el mencionado anteriormente, concluyó con la mejora de la recuperación muscular en este tipo de ejercicios.

Otra investigación realizada por Krzysztof Durkalec-Michalski et al. (45) concluyó que tras 12 semanas de suplementación de HMB con 3 dosis diarias de 1 gramo (3 g/día), se vieron cambios positivos en la composición corporal de los participantes, mejorando también sus capacidades aeróbicas y anaeróbicas. Por otro lado, H.R. Ferreira et al. (57), relacionó la capacidad para generar energía en ejercicios de fuerza-tiempo tras la suplementación de 3 gramos diarios en kayakistas de élite, obteniendo los resultados esperados.

Por el contrario, un estudio reciente de Tritto AC et al. (58) obtuvieron que dosis de 3 gramos diarios de HMB, en deportistas entrenados de fuerza, no mejoró la hipertrofia ni redujo el daño muscular. Sin embargo, hubo cierta mejora en los ejercicios realizados de press de pierna.

## 5.5. Eritropoyetina (EPO)

Investigaciones y estudios que se han realizado en relación a los efectos de la EPO, afirman que esta sustancia, aunque está prohibida, es muy beneficiosa para aquellos deportistas de resistencia, debido a que favorece el aumento de glóbulos rojo, por lo tanto, mejora la capacidad de transporte de oxígeno.

Hein Lodewijkx and Bram Brouwer (64) llevaron a cabo una revisión en la cual querían comprobar si los tiempos de 181 ciclistas del Tour de Francia, Giro de Italia y Vuelta a España hubieran cambiado tras el uso de EPO. Los resultados coincidieron con el estudio de Brewer en 2002, en el que comenta que los efectos de la EPO en ciclistas profesionales pueden estar sobreestimados. Otro estudio de Domingo J. Ramos Campo et al. (63) concluyó con que un programa de hipoxia intermitente (IHT) durante 7 semanas en atletas de élite, cambió significativamente el  $VO_2$  máximo relativo y absoluto y la cantidad producida de hormona EPO durante la eritropoyesis.

Por su parte, Martha Inés Bernal García y Shirley Gigiola Cruz Rubio (60) compararon los niveles EPO sérica endógena en dos grupos de deportistas que competían a diferentes alturas. Concluyeron que la cantidad de esta sustancia, la aclimatación y el entrenamiento, no siempre aumentaba en deportistas de altura media comparados con los de alta altura. Por otro lado, el estudio de Robach y col. (62) también comparaba los cambios en deportistas que entrenaban a diferentes alturas. En este caso, tras la administración de EPO, los participantes mejoraron su  $VO_2$  máximo en alturas menores de 3500 metros, mientras que apenas por encima de esa altura, no se observaron cambios.

Un estudio reciente de Jules A A C Heuberger et al. (61) realizado también en ciclistas bien entrenados, suplementó 6000 IU/semana (150  $\mu$ g) de EPO para finalmente concluir que el rendimiento de la prueba de ejercicio submáximo y el rendimiento en carrera no se vieron afectados. Haile Diresibachew W et al. (62) por su parte, suplementaron 50 IU/Kg (0.125  $\mu$ g) de peso de EPO cada dos día durante 4 semanas, para comprobar si los parámetros hematológicos y de rendimiento en corredores de resistencia keniatas se veían alterados. Los resultados obtenidos fueron los esperados, ya que aumentó la concentración de hemoglobina y el hematocrito en menor medida.

## 5.6. Clenbuterol

A pesar de ser una sustancia prohibida en el deporte, investigaciones llevadas a cabo en personas, pero sobre todo en animales, destacan que el clenbuterol es efectivo para la rápida quema de grasas e hipertrofia muscular.

Paul Tornetta y Thomas A. Einhorn (66) realizaron una revisión sobre la suplementación de clenbuterol en personas con problemas ortopédicos. Concluyeron que, tras dosis de 20 µg dos veces al día, hubo una mejora de la fuerza del cuádriceps. Otra revisión más reciente, de Jo Stam (65), señala que esta sustancia es realmente drástica, pero que para que surta efecto no puede actuar ella sola, el consumidor debe contribuir a que estos efectos aparezcan mediante el deporte.

Como ya se ha comentado, muchos estudios que se han llevado a cabo con el clenbuterol, han sido en animales, en especial con ganado porcino. Es por ello por lo que, Diane M Spurlock, Tara G McDanel y Lauren M McIntyre (68), identificaron que esta sustancia a dosis de 20 ng/ml, aumentó la producción de muchos genes (en las células grasas) implicados en el metabolismo de las grasas, disminuyendo las reservas de grasa y el tamaño de las células grasas. Por su parte, Yang Li et al. (69), en su estudio determinaron que el clenbuterol aumentó los niveles de histona desmetilasa JHDM2a, lo cual disminuyó el tamaño de las células grasas.

## 6. CONCLUSIONES

A partir de las revisiones y estudios encontrados en los que se determinan efectos y dosis de las sustancias ergogénicas en deportistas, se concluye lo siguiente:

- Tras la revisión de la arginina, se puede confirmar que los efectos son contradictorios en cuanto a dosis y efectos debido a que la muestra y el tiempo del estudio son escasos. Sin embargo, hay estudios que detallan más efectos beneficiosos, siendo una sustancia que se utiliza en deportes de resistencia a dosis entre 2-6 gramos/Kg de peso.
- En relación a la creatina, los estudios muestran que no hay una dosis única para conseguir efectos positivos con esta sustancia, sino que, con diferentes dosis se pueden obtener resultados beneficiosos.
- Con respecto a la cafeína, dosis definidas entre 3-5 mg/Kg de peso han sido beneficiosas para la práctica de cualquier modalidad deportiva. Por lo tanto, hemos podido concluir que la cafeína a esas dosis tiene efectos positivos en cualquier modalidad deportiva.
- La HMB se ha suplementado a dosis de 3 gramos diarios en ejercicios de fuerza potencia, obteniendo los resultados deseados. Por lo tanto, con investigaciones podemos decir que la dosis de 3 gramos diarios de HMB es la más efectiva para garantizar cambios en los deportistas.
- Tras las revisiones sobre la eritropoyetina, existen disparidad de opiniones en cuanto a sus efectos, aunque en la gran mayoría se obtuvieron los efectos deseados
- Por su parte, a diferencias del resto de sustancias, el clenbuterol es mayormente utilizado en el mundo animal. Sin embargo, tras las revisiones e investigaciones observadas, sabemos que esta sustancia favorece la hipertrofia muscular

- Atendiendo a la búsqueda propia sobre la disponibilidad de estas sustancias en el mercado, cabe destacar que aquellas que están permitidas en el deporte, se pueden encontrar en cualquier tienda especializada o grandes comercios. Sin embargo, aquellas que están prohibidas, su venta pública es más complicada, ya que si bien son utilizadas en su gran mayoría para uso clínico, quizás exista un mercado prohibido y oculto de las mismas.
- Globalmente, aunque los estudios y revisiones analizados en relación al uso de estas sustancias ergogénicas han aportado una información valiosa y útil, debemos enfatizar que su consumo debe ser controlado y basado en evidencias científicas.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Manonelles Marqueta P. Curso alimentación, nutrición e hidratación en el deporte [Internet]. Femede.es. [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: [http://femede.es/documentos/CANH-Tema\\_15.pdf](http://femede.es/documentos/CANH-Tema_15.pdf)
2. Ocaña A. Sistema de clasificación de ayudas ergogénicas y suplementos [Internet]. Athletic Performance. 2016 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: <http://athleticperformance.es/sistema-de-clasificacion-de-ayudas-ergogenicas-y-suplementos/>
3. Onzari M. Ayudas ergogénicas nutricionales en la Alimentación del Deportista [Internet]. Sanutricion.org.ar. 2016 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: [http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/ayudas\\_ergogenicas\\_nutricionales\\_SAN\\_0.pdf](http://www.sanutricion.org.ar/files/upload/files/ayudas_ergogenicas_nutricionales_SAN_0.pdf)
4. Lino J. Ayudas ergogénicas en el deporte [Internet]. Arbor.revistas.csic.es. 2000 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: <http://arbor.revistas.csic.es/index.php/arbor/article/view/964/971>
5. Melo M, Vasconcelos A, Santos P, Monteiro H, Santos Â, Maia L et al Interferencia de la L-arginina y el ejercicio físico sobre la morfología del músculo estriado esquelético en ratas jóvenes. Revista Brasileira de Medicina do Esporte [Internet]. 2013;19(4):287-291. Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922013000400012&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922013000400012&lng=en)
6. Jones A. Precursores de óxido nítrico en la dieta y rendimiento en el ejercicio [Internet]. Gssiweb.org. 2016 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: [https://www.gssiweb.org/docs/librariesprovider9/sse-pdfs/156\\_andrew\\_m\\_jones.pdf?sfvrsn=2](https://www.gssiweb.org/docs/librariesprovider9/sse-pdfs/156_andrew_m_jones.pdf?sfvrsn=2)
7. Durillo P. Los increíbles beneficios de la Arginina [Internet]. Pedro Durillo. Entrenador Personal. 2015 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: <https://pedrodurillopersonaltrainer.wordpress.com/2015/03/17/los-increibles-beneficios-de-la-arginina-2/>



8. Martínez-Augustin O, Medina F. Arginina, óxido nítrico y función endotelial [Internet]. Revistaseug.ugr.es. 2004 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: <https://revistaseug.ugr.es/index.php/ars/article/view/5121/4933>
9. Huerta Ojeda Á, Domínguez de Hanna A, Barahona-Fuentes G. The effect of supplementation with L-arginine and L-citrulline on physical performance: a systematic review [Internet]. 2019 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: [http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112019000600024](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000600024)
10. González González J. Ayudas ergogénicas y nutricionales [Internet]. 1st ed. Badalona: Editorial Paidotribo México; 2014 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: <https://ebookcentral-proquest-com.accedys2.btk.ull.es/lib/bull-ebooks/reader.action?docID=4909842>
11. Mesa Mesa J, Ruiz Ruiz J, Hernández Martos J, Mula Pérez F, Castillo Garzón M, Gutiérrez Sáinz Á. Creatina como ayuda ergogénica. efectos adversos [Internet]. Femede.es. 2001 [citado 14 mayo 2020]. Disponible en: [http://femede.es/documentos/Creatina\\_613\\_86.pdf](http://femede.es/documentos/Creatina_613_86.pdf)
12. González Boto R, García López D, Herrero Alonso J. La suplementación con creatina en el deporte y su relación con el rendimiento deportivo. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y del Deporte [Internet]. 2003 [citado 14 mayo 2020];3(12):242-259. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1257751>
13. Kreider R, Kalman D, Antonio J, Ziegenfuss T, Wildman R, Collins R et al. International Society of Sports Nutrition position stand: safety and efficacy of creatine supplementation in exercise, sport, and medicine. Journal of the International Society of Sports Nutrition [Internet]. 2017;14(1). Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5469049/>
14. Cabañas A, Salinero J, Del Coso J. La ingestión de una bebida energética con cafeína mejora la fuerza-resistencia y el rendimiento en escalada deportiva. Archivos de Medicina del Deporte [Internet]. 2013 [citado 14 mayo 2020];30(4):215-220. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/247338251\\_La\\_ingestion\\_de\\_una\\_bebida\\_energetica\\_con\\_cafeina\\_mejora\\_la\\_fuerza-resistencia\\_y\\_el\\_rendimiento\\_en\\_escalada\\_deportiva](https://www.researchgate.net/publication/247338251_La_ingestion_de_una_bebida_energetica_con_cafeina_mejora_la_fuerza-resistencia_y_el_rendimiento_en_escalada_deportiva)

15. Guerra R, Bernardo G, Gutiérrez C. Cafeína y deporte [Internet]. 2020 [cited 14 May 2020]. Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922000000200006&lng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922000000200006&lng=en).
16. Martí García C, González Jiménez E, Aguilar Ferrándiz M, Fernández Castillo R, Albedín García L, Cañadas de la Fuente G. La cafeína en el ámbito deportivo. Scientia: revista multidisciplinar de ciencias de la salud [Internet]. 2011 [citado 14 mayo 2020];16(1):17-25. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3840388>
17. García Moreno A. La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte (primera parte). Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte [Internet]. 2016 [citado 14 mayo 2020];33(173):200-206. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5670077>
18. Olcina Camacho G. Efectos de la ingestión de cafeína sobre diversos parámetros fisiológicos y la actividad física [Doctor]. Universidad de Extremadura (España); 2005. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=634>
19. García Moreno A. La cafeína y su efecto ergogénico en el deporte (segunda parte). Archivos de medicina del deporte: revista de la Federación Española de Medicina del Deporte y de la Confederación Iberoamericana de Medicina del Deporte [Internet]. 2016 [citado 14 mayo 2020];33(173):259-266. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5670082>
20. Ramírez-Montes César Augusto, Osorio José Henry. Uso de la cafeína en el ejercicio físico: ventajas y riesgos. rev.fac.med. [Internet]. 2013 Dec [citado 2020 mayo 14]; 61(4): 459-468. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-00112013000400016&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-00112013000400016&lang=es)
21. Pardo Lozano R, Alvarez García Y, Barral Tafalla D, Farré Albaladejo M. Cafeína: un nutriente, un fármaco, o una droga de abuso. Adicciones

[Internet]. 2007;19(3):225. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2358040>

22. Manjarrez-Montes-de-Oca R, Torres-Vaca M, González-Gallego J, Alvear-Ordenes I. El  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutirato (HMB) como suplemento nutricional (I): metabolismo y toxicidad. *Nutricion Hospitalaria* [Internet]. 2015 Feb [citado 2020 mayo 14];31(2):590–6. Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/accedys2.bbt.ull.es/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=100872924&lang=es&site=ehost-live>

23. Ramírez Bravo I. La suplementación con HMB para lograr una mejora de la fuerza muscular en los deportes de lucha. Presentation presented at; 2018; IV Congreso multidisciplinar de jóvenes investigadores. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/325426020\\_La\\_suplementacion\\_con\\_HMB\\_para\\_lograr\\_una\\_mejora\\_de\\_la\\_fuerza\\_muscular\\_en\\_los\\_deportes\\_de\\_lucha](https://www.researchgate.net/publication/325426020_La_suplementacion_con_HMB_para_lograr_una_mejora_de_la_fuerza_muscular_en_los_deportes_de_lucha)

24. Pacheco D. 10 Suplementos Deportivos para Mejorar tu Rendimiento - Lifereder [Internet]. Lifereder. [citado 14 mayo 2020]. Disponible en:  
<https://www.lifereder.com/suplementos-deportivos/>

25. Hidalgo-Del-Moral Á. Efectos de la suplementación con HMB en deportistas: una revisión bibliográfica. [Internet]. 2016 [citado 15 mayo 2020]. Disponible en: <http://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/3127>

26. Santesteban Moriones V, Ibáñez Santos J. Ayudas ergogénicas en el deporte. *Nutrición Hospitalaria* [Internet]. 2017;34(1):204. Disponible en:  
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6039709>

27. Wilson J, Lowery R, Joy J, Andersen J, Wilson S, Stout J et al. The effects of 12 weeks of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate free acid supplementation on muscle mass, strength, and power in resistance-trained individuals: a randomized, double-blind, placebo-controlled study. *European Journal of Applied Physiology* [Internet]. 2014;114(6):1217-1227. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24599749/>

28. Thomson J, Watson P, Rowlands D. Effects of Nine Weeks of  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ - Methylbutyrate Supplementation on Strength and Body Composition in Resistance Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning*

Research [Internet]. 2009;23(3):827-835. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19387396/>

29. Oliver Miró M. Efectos adversos del uso de la suplementación dietética por parte de los deportistas. [Internet]. 2017 [citado 15 mayo 2020]. Disponible en: <https://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/4231>

30. Reyes-Gómez U, González-Ramos C, Reyes-Hernández U, Reyes-Hernández DP, Reyes-Hernández K, Bailón-Hernández A, et al. Eritropoyetina recombinante humana y dopaje, riesgo en adolescentes deportistas. Revista Mexicana de Pediatría [Internet]. 2011 [citado 2020 mayo 15];78(6):242–6. Disponible en:  
<http://search.ebscohost.com/accedys2.bbtk.uill.es/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=80827367&lang=es&site=ehost-live>

31. Zurita Pérez R. efectos de las ayudas ergogenicas sobre el organismo en relación con el rendimiento deportivo. [Internet]. 2009 [citado 15 mayo 2020]. Disponible en:  
[https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero\\_19/REBECA\\_ZURITA\\_PEREZ02.pdf](https://archivos.csif.es/archivos/andalucia/ensenanza/revistas/csicsif/revista/pdf/Numero_19/REBECA_ZURITA_PEREZ02.pdf)

32. Peces R. Eritropoyetina y otras sustancias para incrementar el rendimiento en los deportistas. Revista de nefrología [Internet]. 2003 [citado 15 mayo 2020];23(6):475-563. Disponible en:  
<https://www.revistanefrologia.com/es-eritropoyetina-otras-sustancias-incrementar-el-articulo-X0211699503016499>

33. Jiménez Rodríguez J. Motivos por los cuales los deportistas utilizan el doping en el deporte: análisis cualitativo desde la perspectiva de deportistas, dirigentes y entrenadores deportivos costarricenses [Licenciatura]. Universidad Nacional de Costa Rica; 2015. Disponible en:  
<https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/13221>

34. Spiller H, James K, Scholzen S, Borys D. A Descriptive Study of Adverse Events from Clenbuterol Misuse and Abuse for Weight Loss and Bodybuilding. Substance Abuse [Internet]. 2013;34(3):306-312. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23844963/>

35. Valladares-Carranza B, Bañuelos-Valenzuela R, Peña-Betancourt S, Velázquez-Ordóñez V, Echavarría-Cháirez F, Muro-Reyes A et al. Riesgos a

la salud por el uso de clorhidrato de clenbuterol: una revisión. *Revista de Medicina Veterinaria* [Internet]. 2015;(30):139-149. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5190491>

36. Garzón-Sánchez E, Hernández-Lira S, Reyes-Hernández U, et al. Clenbuterol y sus Riesgos en el Deporte. *Bol Clin Hosp Infant Edo Son.* 2016;33(1):42-46. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=68294>

37. González López F. *Bioética, Inocuidad y Bienestar Animal: Producción de Carne y Leche* [Internet]. 1st ed. Guanajuato: Rosario Martínez Yáñez; 2016 [citado 10 Mayo 2020]. Disponible en: [https://www.academia.edu/25431658/Bio%C3%A9tica\\_Inocuidad\\_y\\_Bienestar\\_Animal\\_producci%C3%B3n\\_de\\_carne\\_y\\_leche](https://www.academia.edu/25431658/Bio%C3%A9tica_Inocuidad_y_Bienestar_Animal_producci%C3%B3n_de_carne_y_leche)

38. Porrás-Alvarez J. Consecuencias del amonio en la fatiga central en atletas, posible efecto neuroprotector del ejercicio. *MedUNAB* [Internet]. 2018;21(1):115-121. Disponible en: <https://revistas.unab.edu.co/index.php/medunab/article/view/3394/2886>

39. Mor A, Atan T, Agaoglu S, Ayyildiz M. Effect of arginine supplementation on footballers' anaerobic performance and recovery. [Internet]. 2018 [citado 10 Mayo 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/324775437\\_Effect\\_of\\_arginine\\_supplementation\\_on\\_footballers'\\_anaerobic\\_performance\\_and\\_recovery](https://www.researchgate.net/publication/324775437_Effect_of_arginine_supplementation_on_footballers'_anaerobic_performance_and_recovery)

40. Andrade W, Jacinto J, da Silva D, Roveratti M, Estoche J, Oliveira D et al. l-Arginine supplementation does not improve muscle function during recovery from resistance exercise. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [Internet]. 2018;43(9):928-936. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29544063/>

41. Wang C, Fang C, Lee Y, Yang M, Chan K. Effects of 4-Week Creatine Supplementation Combined with Complex Training on Muscle Damage and Sport Performance. *Nutrients* [Internet]. 2018;10(11):1640. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30400221/>

42. Hummer E, Suprak D, Buddhadev H, Brilla L, San Juan J. Creatine electrolyte supplement improves anaerobic power and strength: a randomized double-blind control study. *Journal of the International Society of Sports*

Nutrition [Internet]. 2019;16(1). Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31126306/>

43. Abian P, Del Coso J, Salinero J, Gallo-Salazar C, Areces F, Ruiz-Vicente D et al. The ingestion of a caffeinated energy drink improves jump performance and activity patterns in elite badminton players. *Journal of Sports Sciences* [Internet]. 2014;33(10):1042-1050. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25530454/>

44. Hernández-Camacho J, Vázquez-Carrión J, Fuentes-Lorca E, Moya-Amaya H. La suplementación con cafeína mejora el salto en contramovimiento en jugadores jóvenes de fútbol: estudio piloto. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética* [Internet]. 2017;21(2):155. Disponible en:  
[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2174-51452017000200008](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2174-51452017000200008)

45. Durkalec-Michalski K, Jeszka J, Podgórski T. The Effect of a 12-Week Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) Supplementation on Highly-Trained Combat Sports Athletes: A Randomised, Double-Blind, Placebo-Controlled Crossover Study. *Nutrients* [Internet]. 2017;9(7):753. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28708126/>

46. Rodríguez-Gandullo J, Álvarez-Barbosa F. Efectos del entrenamiento de fuerza y suplementación en personas vegetarianas: Revisión sistemática. [Internet]. 2018 [citado 10 May 2020]. Disponible en:  
<https://recyt.fecyt.es/index.php/retos/article/view/58300>

47. Dhar R, Stout C, Link M, Homoud M, Weinstock J, Estes N. Cardiovascular Toxicities of Performance-Enhancing Substances in Sports. *Mayo Clinic Proceedings* [Internet]. 2005;80(10):1307-1315. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16212144/>

48. Pahlavani N, Entezari M, Nasiri M, Miri A, Rezaie M, Bagheri-Bidakhavidi M et al. The effect of l-arginine supplementation on body composition and performance in male athletes: a double-blinded randomized clinical trial. *European Journal of Clinical Nutrition* [Internet]. 2017;71(4):544-548. Disponible en:  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28120856/>

49. Casonatto J, Zago D, Enokida D, Grandolfi K, Aguiar A. L-ARGININE SUPPLEMENTATION IMPROVES POST-EXERCISE HYPOTENSION IN ELDERLY WOMEN. Revista Brasileira de Medicina do Esporte [Internet]. 2019;25(4):333-337. Disponible en:

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-86922019000400333&lang=es](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-86922019000400333&lang=es)

50. Neto M, Toscano L, Lima F, Da Silva T, Da Silva C, Silva A. Effect of L-arginine intake on exercise-induced hypotension. Nutrición Hospitalaria [Internet]. 2018;35(5):1195. Available from:

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0212-16112018000900027&lang=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112018000900027&lang=es)

51. Szabo A, Szemerszky R, Dömötör Z, de la Vega R, Köteles F. Creatine monohydrate ingestion-related placebo effects on brief anaerobic exercise performance. A laboratory investigation. Cuaderno de Psicología del Deporte [Internet]. 2017 [citado 11 May 2020];17(2). Disponible en:

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1578-84232017000200009&lang=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1578-84232017000200009&lang=es)

52. Cerón Pérez H, García Salazar D, Dávila Ulloa J, Rodríguez Camacho L, Jiménez A, Gómez Pedroso A. Suplementación con creatina en gimnastas de modalidad artística. Revista Mexicana de Investigación en Cultura Física y Deporte [Internet]. 2011 [cited 11 May 2020];3(4):11-21. Disponible en:

<https://docplayer.es/92052844-Palabras-clave-creatina-suplementacion-gimnasia-artistica.html>

53. Candow D, Vogt E, Johannsmeyer S, Forbes S, Farthing J. Strategic creatine supplementation and resistance training in healthy older adults. Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism [Internet]. 2015;40(7):689-694. Disponible en:

[https://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/apnm-2014-0498?url\\_ver=Z39.88-2003&rfr\\_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr\\_dat=cr\\_pub++0pubmed&#citar1](https://www.nrcresearchpress.com/doi/full/10.1139/apnm-2014-0498?url_ver=Z39.88-2003&rfr_id=ori%3Arid%3Acrossref.org&rfr_dat=cr_pub++0pubmed&#citar1)

54. Gallo-Salazar C, Areces F, Abian-Vicente J, Lara B, Salinero JJ, Gonzalez-Millan C, et al. Enhancing physical performance in elite junior tennis

players with a caffeinated energy drink. *Int J Sports Physiol Perform.* 2015;10(3):305-10. Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25158287/>

55. Puentes Torres C. Tesis doctoral [Doctor]. Universidad Camilo José Cela; 2017. Disponible en:

<https://repositorio.ucjc.edu/handle/20.500.12020/393>

56. Stein J, Ramirez M, Heinrich K. The Effects of Acute Caffeine Supplementation on Performance in Trained CrossFit Athletes. *Sports* [Internet]. 2019;7(4):95. Disponible en:

[https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31027203/?from\\_term=caffeine+supplementation&from\\_filter=simsearch2.ffrft&from\\_pos=4](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31027203/?from_term=caffeine+supplementation&from_filter=simsearch2.ffrft&from_pos=4)

57. Ferreira H.R., Gill P., Loures J.P., Oliveira R.R., Fernandes Filho J., Fernandes L.C. Efectos de suplementación del  $\beta$ -hidroxi- $\beta$ -metilbutirato en rendimiento mecánico en canoístas de élite. *Rev Andal Med Deporte* [Internet]. 2017 [citado 12 Mayo 2020]; 10 (3): 137-141. Disponible en:

[http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1888-75462017000300008&lang=es](http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1888-75462017000300008&lang=es)

58. Tritto A, Bueno S, Rodrigues R, Gualano B, Roschel H, Artioli G. Negligible Effects of  $\beta$ -Hydroxy- $\beta$ -Methylbutyrate Free Acid and Calcium Salt on Strength and Hypertrophic Responses to Resistance Training: A Randomized, Placebo-Controlled Study. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* [Internet]. 2019;29(5):505-511. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30859862/>

59. Correia A, de Lima F, Bottaro M, Vieira A, da Fonseca A, Lima R. Pre-exercise  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate free-acid supplementation improves work capacity recovery: a randomized, double-blinded, placebo-controlled study. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* [Internet]. 2018;43(7):691-696. Disponible en:

<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29420925/>

60. Bernal García M, Cruz Rubio S. Eritropoyetina en ciclistas con entrenamiento en diferente altura sobre el nivel del mar. *Movimiento Científico* [Internet]. 2016;10(1):8-18. Disponible en:

<https://revistas.iberu.edu.co/index.php/Rmcientifico/issue/archive>.



61. Heuberger J, Rotmans J, Gal P, Stuurman F, van 't Westende J, Post T et al. Effects of erythropoietin on cycling performance of well-trained cyclists: a double-blind, randomised, placebo-controlled trial. *The Lancet Haematology* [Internet]. 2017;4(8): e374-e386. Disponible en: [https://www.thelancet.com/journals/lanhae/article/PIIS2352-3026\(17\)30105-9/fulltext?elsca1=tlpr](https://www.thelancet.com/journals/lanhae/article/PIIS2352-3026(17)30105-9/fulltext?elsca1=tlpr)
62. Haile D, Durussel J, Mekonen W, Ongaro N, Anjila E, Mooses M et al. Effects of EPO on Blood Parameters and Running Performance in Kenyan Athletes. *Medicine & Science in Sports & Exercise* [Internet]. 2019;51(2):299-307. Disponible en: [https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2019/02000/Effects\\_of\\_EPO\\_on\\_Blood\\_Parameters\\_and\\_Running.10.aspx](https://journals.lww.com/acsm-msse/Fulltext/2019/02000/Effects_of_EPO_on_Blood_Parameters_and_Running.10.aspx)
63. Ramos-Campo D, Martínez Sánchez F, Esteban García P, Rubio Arias J, Jiménez Díaz J. Respuesta de la hormona eritropoyetina y el VO<sub>2</sub>max a un programa de IHT en triatletas. *Archivos de Medicina del Deporte* [Internet]. 2012 [citado 12 mayo 2020];30(3):135-144. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/284156517\\_Respuesta\\_de\\_la\\_hormona\\_eritropoyetina\\_y\\_el\\_VO2max\\_a\\_un\\_programa\\_de\\_IHT\\_en\\_triatletas](https://www.researchgate.net/publication/284156517_Respuesta_de_la_hormona_eritropoyetina_y_el_VO2max_a_un_programa_de_IHT_en_triatletas)
64. Lodewijkx H, Brouwer B. Some Empirical Notes on the Epo Epidemic in Professional Cycling. *Research Quarterly for Exercise and Sport* [Internet]. 2011;82(4). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22276416/>
65. Stam J. Clenbuterol Review (2020) – Are there any side effects? | Alternatives [Internet]. *International Archives of Body Building Supplements and Medicine*. 2020 [citado 12 mayo 2020]. Disponible en: <https://intarchmed.com/clenbuterol-review/>
66. Tornetta P, Einhorn T. *Sports Medicine* [Internet]. 2nd ed. USA: Anthony A. Schepesis; 2006 [citado 12 mayo 2020]. Disponible en: [https://books.google.es/books?id=ML2PtT6w1egC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?id=ML2PtT6w1egC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
67. Ritter J. Clenbuterol: What is it Used For + Side Effects & Dangers - SelfHacked [Internet]. *SelfHacked*. 2020 [citado 12 mayo 2020]. Disponible en: <https://selfhacked.com/blog/clenbuterol/>

68. Zhang J, He Q, Liu Q, Guo W, Deng X, Zhang W et al. Differential gene expression profile in pig adipose tissue treated with/without clenbuterol. BMC Genomics [Internet]. 2007;8(1):433. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18039366/>

69. Li Y, He J, Sui S, Hu X, Zhao Y, Li N. Clenbuterol upregulates histone demethylase JHDM2a via the  $\beta$ 2-adrenoceptor/cAMP/PKA/p-CREB signaling pathway. Cellular Signalling [Internet]. 2012;24(12):2297-2306. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22820505/>