



GUÍA BÁSICA SUPLEMENTACIÓN DEPORTIVA

Un breve repaso de la **efectividad y protocolos de uso** de los suplementos deportivos más importantes según la ciencia y la experiencia.

Proteínas, aminoácidos, creatina, cafeína, glutamina, HMB, beta alanina, L-carnitina, Omega-3, y más...



La inclusión de un programa de ejercicio y deporte en nuestros hábitos diarios lleva implícita unas mayores demandas de energía y nutrientes, por ello, en muchos casos, y particularmente asociados a un estricto control de peso corporal, la ingesta diaria no cubre las necesidades nutricionales, lo que puede conllevar déficits, retraso en la recuperación e incluso aparición de lesiones. Por ello, se plantea la posibilidad de acudir a **suplementos nutricionales**.

Su uso está extendido entre el 25–70% de la población que realiza deporte y/o ejercicio físico de manera recreacional, siendo los hombres jóvenes (20–35 años) los que más los consumen, seguidos de mujeres de mediana edad (35–50 años). En ambos grupos, aproximadamente, uno de cada dos los consume de manera habitual o esporádica. En el caso de los deportistas este número es incluso mayor, llegando a alcanzar el 94 %.

Entre todos ellos, los suplementos de **proteína** ocupan el primer lugar dada la mayor necesidad de este macronutriente en quienes realizan ejercicio, particularmente de fuerza, pero también son frecuentes los suplementos nutricionales orientados a la pérdida de peso y otros con supuestos efectos en la mejora del rendimiento o en la recuperación (**creatina, cafeína, aminoácidos, beta-alanina, HMB...**).

En este eBook se realiza un breve repaso de la efectividad de los más habituales y los protocolos de uso en función de los objetivos. Confiamos en que te ayudará a conocer de manera sencilla pero directa qué, cuándo y cómo usar cierta suplementación nutricional en caso de que acudas a ella para apoyar tu deporte y entrenamiento.

Un saludo de todo el equipo **Powerexplosive**.

David Marchante.

ÍNDICE

PARTE 1. Conceptos clave en torno a la suplementación

1. ¿SON NECESARIOS LOS SUPLEMENTOS DEPORTIVOS?

PARTE 2. Suplementos con evidencia fuerte (grupo 1)

1. PROTEÍNAS
2. AMINOÁCIDOS ESENCIALES
3. HMB
4. CREATINA
5. CAFEÍNA
6. BETA-ALANINA
7. NITRATOS
8. HIERRO
9. OMEGA-3
10. PROBIÓTICOS
11. VITAMINA D

PARTE 3. Suplementos con evidencia limitada (grupo 2 y 3)

1. AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS (BCAA's)
2. L-GLUTAMINA
3. CITRULINA
4. ANTIOXIDANTES
5. ARGININA
6. ASHWAGANDHA
7. L-CARNITINA
8. P-SINEFRINA
9. POTENCIADORES DE LA TESTOSTERONA

RESUMEN GENERAL. 20 Claves

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS



Parte 1.

CONCEPTOS CLAVE EN
TORNO A LA SUPLEMENTACIÓN

1. ¿SON NECESARIOS LOS SUPLEMENTOS DEPORTIVOS?

Realizar ejercicio y deporte de manera frecuente lleva implícito que nuestras demandas de energía y nutrientes serán mayores; por ello, en muchos casos, particularmente asociados a un estricto control del peso corporal, la ingesta diaria de alimentos no cubre las necesidades nutricionales. Esto puede afectar al rendimiento, a la recuperación, a la aparición de lesiones e incluso a la salud.

En estas situaciones, es habitual plantear la posibilidad de utilizar suplementos nutricionales. Verdaderamente, deberían denominarse *complementos* nutricionales y no *suplementos*, ya que su función es propiamente la de complementar una alimentación individualizada.

Su uso está extendido entre el 25–70% de la población que realiza deporte y/o ejercicio físico de manera recreacional, siendo los hombres jóvenes (20–35 años) los que más los consumen, seguidos de mujeres de mediana edad (35–50 años) [1]. En ambos grupos, aproximadamente, uno de cada dos ha declarado consumirlos de manera habitual o esporádica. En el caso de los deportistas este número es incluso mayor, llegando a alcanzar el 94%.

Sin lugar a duda, los suplementos de proteínas ocupan el primer lugar dada la mayor necesidad de este macronutriente en quienes realizan ejercicio, particularmente de fuerza [2], pero también son frecuentes los suplementos nutricionales orientados a la pérdida de peso [1].

Si se cumplen las necesidades nutricionales diarias a través de la alimentación y sin suplementación (complementos), siempre acorde a la actividad física diaria individual, **los suplementos deportivos no son obligatorios, si bien podrían suponer una importante ayuda en la consecución de objetivos exigentes** [3].

Por otro lado, algunas **ayudas ergogénicas** (ej. creatina, cafeína, beta-alanina, etc.), que son sustancias dirigidas a mantener y/o aumentar el rendimiento deportivo, minimizando la fatiga sin poner en peligro la salud ni violar el espíritu deportivo, sí han demostrado ser útiles en la búsqueda de objetivos específicos en diferentes deportes y ejercicios.

Las ayudas ergogénicas pueden ayudar a preparar a una persona para hacer ejercicio, mejorar la eficiencia del ejercicio, mejorar la recuperación del ejercicio o ayudar a prevenir lesiones durante el entrenamiento intenso. Aunque esta definición parece bastante sencilla, existe un debate considerable sobre el valor ergogénico de varios suplementos nutricionales.

Existe un consenso para sugerir que un suplemento nutricional es ergogénico si los estudios revisados por pares demuestran que el suplemento mejora significativamente la fuerza, la hipertrofia muscular y/o el rendimiento del ejercicio después de semanas a meses de ingestión (por ejemplo, promueve aumentos en la fuerza máxima, la velocidad de carrera y/o el trabajo durante una tarea de ejercicio determinada); al igual que, por otro lado, también existen suplementos que tienen un valor ergogénico agu-

do, al mejorar la capacidad de un atleta para realizar una tarea de ejercicio o mejora la recuperación de un solo ejercicio [4, 5].

Si existiera la necesidad real, al valorar la posibilidad de empezar a usar un suplemento deportivo, **lo más importante es tener en cuenta las tres categorías de evidencia científica** de los resultados de ese suplemento hacia la consecución de los objetivos que se pretenden (Tabla 1):

1. **Grupo 1.** Evidencia fuerte y aparentemente segura. Sus efectos se consiguen incluso con su uso único, sin ser acompañado por otros suplementos.
2. **Grupo 2.** Evidencia limitada o mixta para respaldar la eficacia. Algo probable que necesiten de otros suplementos para potenciar su efecto.
3. **Grupo 3.** Poca o muy limitada evidencia para respaldar la eficacia y/o su seguridad. Bastante probable que necesiten de otros suplementos para potenciar su efecto.

En realidad, a pesar de la enorme cantidad de suplementación deportiva que existe y se puede ver en la Tabla 1, solo se recomendaría el uso de un número limitado de suplementos nutricionales que la investigación ha apoyado para mejorar la disponibilidad de energía (por ejemplo, bebidas deportivas, carbohidratos, creatina, cafeína, β -alanina, etc.) y/o promover la recuperación (carbohidratos, proteínas, aminoácidos esenciales, HMB, etc.) en determinados contextos y circunstancias personales.

Que un suplemento tenga una clasificación de poca o limitada evidencia para justificar su uso **no significa que sea inútil**, sino que los beneficios derivados de su uso se reservan para condiciones muy específicas y, posiblemente, en sinergia con otros suplementos que cuentan con un respaldo igual o superior.

1.1. Suplementos de conveniencia o comodidad

Este tipo de suplementación deportiva pretenden ayudar a cumplir con los requerimientos nutricionales diarios para promover el aumento de peso, alterar la composición corporal, mejorar la recuperación y/o mejorar el rendimiento. La mayoría de la gente ve estos suplementos como un *snack* o un refrigerio denso en nutrientes que son fáciles de transportar y rápidos de ingerir:

- Polvos de reemplazo de comidas (MRP),
- Suplementos listos para beber (RTD),
- Barritas y geles energéticos.

En consecuencia, se deberían utilizar en lugar de una comida en situaciones únicas y excepcionales y no estar destinados a reemplazar todas las comidas.

Suplementos para aumentar la masa muscular y/o mejorar la composición corporal	Suplementos para mejorar rendimiento deportivo	Suplementos para mejorar la salud que pueden influir en el rendimiento deportivo
<p>Grupo 1. Evidencia fuerte y aparentemente segura. Sus efectos se consiguen incluso con su uso único, sin ser acompañado por otros suplementos.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Proteínas - Aminoácidos esenciales (AAEE) - HMB - Creatina monohidrato 	<ul style="list-style-type: none"> - Agua y bebidas deportivas - Beta - alanina - Bicarbonato sódico - Cafeína - Creatina monohidrato - Fosfatos de sodio - Hidratos de carbono - Nitratos 	<ul style="list-style-type: none"> - Hierro - Omega-3 - Probióticos - Vitamina D
<p>Grupo 2. Evidencia limitada o mixta. Algo probable que necesiten de otros suplementos para potenciar su efecto.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - ATP - Aminoácidos ramificados (BCAA's) - Ácido fosfatídico 	<ul style="list-style-type: none"> - Ácido araquidónico - Ácido tetrametilúrico - Aminoácidos esenciales (AAEE) - Aminoácidos ramificados (BCAA's) - Citrulina - Glicerol - HMB - L-analyl-L-Glutamina - Mezclas postejercicio - Quercetina - Taurina 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcio - Magnesio - N-acetilcisteína - Vitamina C
<p>Grupo 3. Poca o muy limitada evidencia para respaldar la eficacia y/o su seguridad. Bastante probable que necesiten de otros suplementos para potenciar su efecto.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> - Ácido D-aspártico - Ácidos linoleicos conjugados (CLA) - Arginina - Ecdisteronas - Glutamina - Inhibidores de miostatina - Isoflavonas - L-Carnitina - Ornitina alfa-cetoglutarato - P-sinefrina - Péptidos precursores de la hormona del crecimiento (GH) - Prohormonas - Sulfato de agmantina - Sulfato de vanadio - <i>Tribulus terrestris</i> - ZMA 	<ul style="list-style-type: none"> - Arginina - Extracto de hoja de mango - Glutamina - Huperzina A - Inosina - L-Carnitina - Ribosa - Triglicéridos Cadena Media (MCT) 	<ul style="list-style-type: none"> - Antioxidantes - Ashwagandha - Boro - Cromo

Tabla 1: Clasificación de suplementos nutricionales según su grado de evidencia [4, 5].



Parte 2.

SUPLEMENTOS CON EVIDENCIA
FUERTE (GRUPO 1)

1. PROTEÍNAS

Existe un considerable debate en torno a la cantidad de proteína necesaria en la dieta de un deportista. En un comienzo, se decía que un deportista no necesitaba más de la cantidad diaria recomendada (0.8–1.0 g/kg/día), sin embargo, la investigación que abarca los últimos 30 años ha indicado que los sí hay beneficio en todo deportista al ingerir, al menos, dos veces la dosis diaria recomendada de proteínas en su dieta (1.4–1.8 g/kg/día) para mantener el balance de proteínas estable o positivo [3-6].

Si se consume una cantidad insuficiente de proteínas, un deportista tendrá un balance nitrogenado negativo, lo que derivará en catabolismo proteico y recuperación lenta. Con el tiempo, esto puede llevar al desgaste muscular, lesiones, enfermedades e intolerancia al entrenamiento [6-8].

Existen diversas fuentes de proteínas en el mercado y, si bien es cierto que hay algunas superiores en cuanto a biodisponibilidad y absorción, la cantidad total de aminoácidos esenciales administrados al día y el mínimo de leucina por toma resultan ser los aspectos más reseñables que valorar para iniciarse con su suplementación. En la siguiente tabla podemos observar los aspectos claves sobre la ingesta proteica (Tabla 2).

Tabla 2: Resumen de los aspectos clave sobre la ingesta proteica.

Generalidades

1. El ejercicio de fuerza es fundamental para estimular la síntesis proteica.
2. En mantenimiento o superávit, la ingesta recomendada es 1.4–2.0 g proteína/kg peso/día.
3. En déficit, para mayor retención de masa magra: 2.3–3.1 g proteína/kg masa libre de grasa/día.

Optimización síntesis proteica

4. 0.25–0.50 g proteína/kg peso en cada comida.
5. Alcanzar 0.7–3.0 g de leucina en cada comida, acompañada del resto de aminoácidos esenciales.
6. Distribución homogénea a lo largo del día: mínimo recomendable de 3 ingestas al día.
7. La ventana anabólica es más reseñable durante las 6 horas posentrenamiento, aunque dura 24 horas.
8. Proteínas de rápida digestión ofrecen mayor pico de síntesis proteica muscular (ej. suero de leche).
9. Las fuentes de proteína han de ser completas (todos los aminoácidos esenciales) durante el día.

Las fuentes de proteína difieren en la capacidad que tienen de estimular la síntesis proteica a nivel muscular. Las propiedades principales que determinan el efecto anabólico de la proteína son la tasa de digestión y la composición de aminoácidos (parti-

cularmente de leucina). De esta manera, para clasificar la calidad de las fuentes proteicas, se acude a los métodos **PDCAAS** y **DIAAS**.

1.1. PDCAAs

Sus siglas indican Puntuación Corregida de Aminoácidos de Digestibilidad de Proteínas, y fue recomendado por el Comité FAO/OMS en 1993. Hasta la fecha, es el método más empleado mundialmente para determinar la calidad de una proteína.

Para explicar en qué consiste el método PDCAAS, es vital explicar dos conceptos básicos relacionados con el perfil aminoacídico [9]. Hablamos del **cómputo aminoacídico** y de la **digestibilidad proteica**:

- El **cómputo aminoacídico** es la relación del aminoácido limitante (aminoácido/s encontrado en cantidades bajas, limitadas) comparado al mismo aminoácido/s de la proteína de referencia para cada grupo de edad de personas.
- La **digestibilidad proteica** es la proporción de nitrógeno ingerido que se absorbe.

Una vez conocidos estos dos términos, el método PDCAAS da lugar a la multiplicación de ambos. Lo que evalúa PDCAAS es la calidad nutricional de fuentes proteicas determinadas, basadas en el cálculo del aminograma corregido por su digestibilidad en el íleon, parte final del intestino delgado.

Su escala va de 0.0–1.0, siendo 1.0 alimentos como la clara de huevo, concentrado de suero de leche, caseína o proteína de soja (Tabla 3).

Fuente proteica	VB	PDCAAS
Hidrolizado de suero de leche	100–104	1.00
Aislado de suero de leche	100–104	1.00
Concentrado de suero de leche	100–104	1.00
Huevo entero	97–100	1.00
Leche	89–91	1.00
Carne, cerdo, pescado, pollo	79–83	0.80–0.92
Soja	74	0.91–1.00
Caseína de leche	71	1.00

Tabla 3: Valor biológico (VB) e índice PDCAAS en diferentes fuentes proteicas.

Sin embargo, al igual que el Valor Biológico, el método PDCAAS también tiene limitaciones que le impide ser un método fiable al cien por cien, y es que no tiene en cuenta factores antinutritivos (los famosos antinutrientes), que impiden la absorción proteica. Dentro de estos antinutrientes encontramos, por ejemplo, inhibidores de tripsina, taninos o lectinas [10].

Este aspecto resulta especialmente relevante en personas veganas y vegetarianas. Las plantas contienen antinutrientes que inhiben la digestión y absorción de proteínas (Figura 1). Si bien la cocción reduce las concentraciones de antinutrientes, no los elimina por completo. Sin embargo, las proteínas en polvo a base de plantas están mayormente libres de antinutrientes y, por lo tanto, tienen tasas de digestibilidad similares a las de las proteínas de origen animal [10, 11].

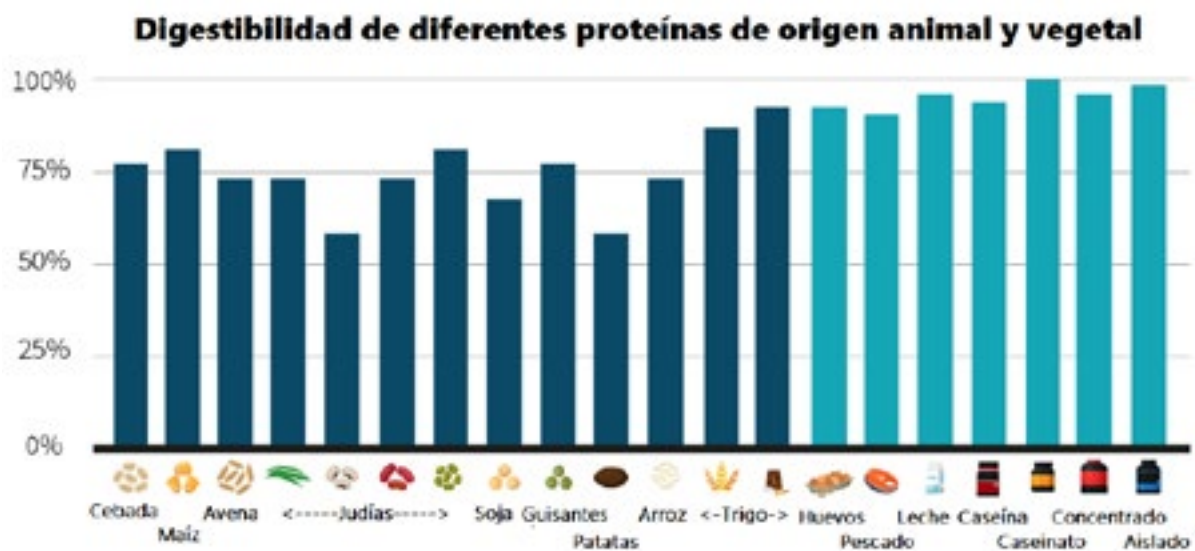


Tabla 1: Clasificación de suplementos nutricionales según su grado de evidencia [4, 5].

Puesto que la realidad objetiva muestra que la proteína animal, además de ser generalmente más digerible que la proteína de los vegetales, también suele tener un alto contenido de aminoácidos esenciales y parece que estimula más la síntesis proteica muscular que la proteína de origen vegetal [12], se puede compensar potencialmente esta diferencia aumentando la ingesta de proteína vegetal, en torno a un 10–15% respecto a las recomendaciones de proteínas procedentes de todas las fuentes (animales y vegetales) [13] (Figura 2).



1.2. DIAAs

En 2011, la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) anunció que el método PDCAAS tenía las limitaciones a las que acabamos de hacer mención, y en 2013 reunió a varios expertos para tratar y debatir sobre un nuevo método de análisis de la calidad proteica, el DIAAS [11].

Este método, aún en consolidación, evalúa la calidad de la proteína en base a los valores de digestibilidad de aminoácidos en el íleon y permite obtener un resultado mucho más preciso de las cantidades de aminoácidos que absorbemos, diferenciar las fuentes proteicas por su capacidad para suministrar ciertos aminoácidos y cómo serían utilizados posteriormente por el organismo.

Todo esto queda mejor ilustrado gráficamente con los resultados obtenidos en una investigación que compara la síntesis proteica muscular en respuesta a la caseína, caseína hidrolizada y la proteína de suero (Figura 3).

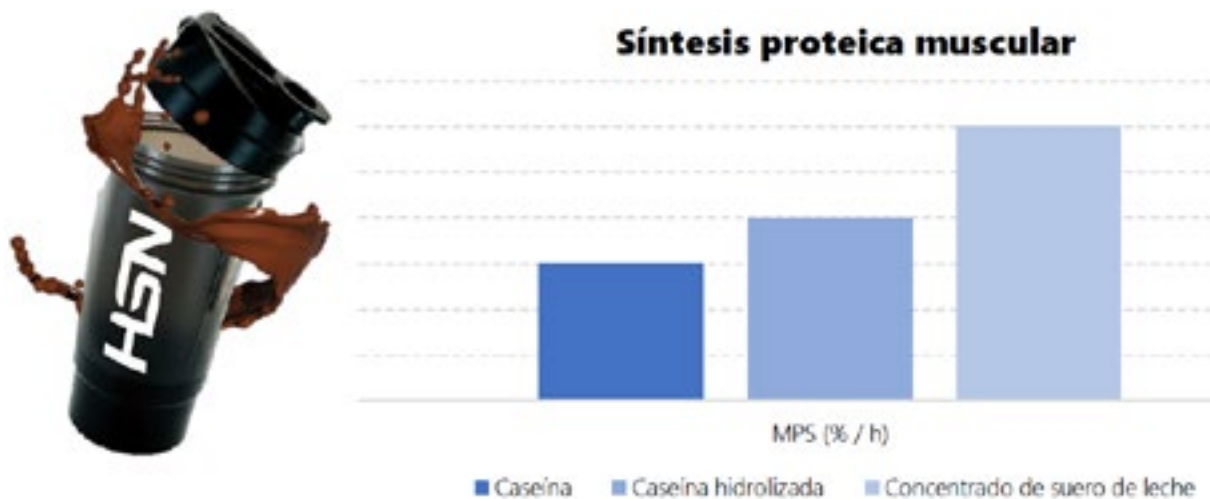


Figura 3: Efecto de diferentes fuentes de proteína sobre la síntesis proteica muscular [12].

La caseína es una proteína de digestión lenta. Cuando la caseína, intacta, es hidrolizada (ruptura catalizada por diferentes enzimas a fragmentos más pequeños), se asemeja a una proteína de digestión rápida, como puede ser la proteína de suero. Consecuentemente, la proteína de caseína hidrolizada resulta presentar una mayor tasa de síntesis proteica que la caseína intacta.

Sin embargo, la respuesta sintética del músculo frente a hidrolizados es menor que frente a la proteína de suero. Mientras que las dos proteínas pueden ser rápidas de digerir, la proteína de suero tiene un mayor contenido en aminoácidos esenciales (incluyendo leucina) [12].

La velocidad de digestión proteica, el contenido y perfil de aminoácidos de la proteína y la absorción de estos por el organismo son las **propiedades que determinan el efecto anabólico de una fuente de proteína.**



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

EVOWHEY 2.0

<https://bit.ly/3okBuPb>



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

EVOPRO VEGAN

<https://bit.ly/3GQ6zk5>

2. AMINOÁCIDOS ESENCIALES (AAEE)

Los aminoácidos esenciales son constituyentes de las proteínas. Concretamente son 10 de los 22 aminoácidos presentes en estas y su denominación se refiere a aquellos que el organismo no es capaz de sintetizar por sí mismo y, por esto, deben ser tomados necesariamente a través de la dieta [8, 14]. Además, son aminoácidos necesarios para el correcto desarrollo de algunas funciones en el organismo.

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1. Leucina | 6. Fenilalanina |
| 2. Isoleucina | 7. Triptófano |
| 3. Valina | 8. Treonina |
| 4. Metionina | 9. Histidina |
| 5. Lisina | 10. Arginina |

Estos dos últimos aminoácidos son esenciales dependiendo del resto de componentes de la alimentación, así que realmente se consideran *semiesenciales*. En el caso de la histidina, es un aminoácido esencial en la infancia que pasa a ser no esencial en la etapa adulta.

La investigación ha examinado, y lo sigue haciendo, el impacto de los aminoácidos esenciales en la estimulación de la síntesis proteica muscular (MPS), área extremada-

mente popular. Colectivamente, este dato indica que ingiriendo de 6 a 12 g de AAEE en ausencia de alimentación y antes y/o después del ejercicio de fuerza, se puede incrementar aún más la síntesis de proteínas que con el sólo ejercicio [4].

Siendo en gran parte independiente de la fuente de proteína o el tipo de alimento, en teoría, esta evidencia puede indicar que su ingesta aumentaría la masa libre de grasa en el medio y largo plazo. Sin embargo, **existe una gran cantidad de evidencia disponible para indicar que la ingestión de fuentes de proteínas de alta calidad puede aumentar las adaptaciones al entrenamiento, sin necesidad específica de AAEE añadidos.** De hecho, el contenido de aminoácidos esenciales en las proteínas supone el elemento principal para su clasificación cualitativa, ya **que las proteínas de más alta calidad son los que contienen las mayores cantidades de EAAs** (ver Tabla 3).

Los efectos de la suplementación con aminoácidos esenciales (AAEE) son menos importantes si la ingesta de proteína dietética diaria es de alta calidad (atención al valor biológico, PDCAAS y DIAAS) porque ya los contienen en cantidades adecuadas.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

AMINOÁCIDOS ESENCIALES

<https://bit.ly/3G0gaYz>

3. HMB

El HMB (beta-hydroxi-beta-metilbutarato) es un metabolito de la leucina (el aminoácido que más se suele relacionar con la síntesis de proteínas) que se encuentra a la venta en el mercado desde hace varios años y que **reduce la degradación proteica**, mejora la recuperación del ejercicio físico y, muy posiblemente, potencia el crecimiento muscular de forma indirecta [4].

Ambos, HMB y leucina, aumentan la síntesis proteica muscular e inhiben la degradación proteica de forma independiente, aunque la leucina ha demostrado ser mejor estimulando la síntesis proteica y el HMB es mejor inhibiendo la degradación proteica y mitigando el daño muscular como respuesta al entrenamiento [15].

En términos generales y pese a las diferentes controversias que se han venido dando últimamente en la administración de HMB en diferentes formas química, este sí puede ser un suplemento interesante en levantadores principiantes o en personas con avan-

zada edad y puede que ofrezca un ligero beneficio en levantadores experimentados, especialmente si están intentando perder peso (ya que **es más anticatabólico que anabólico per se**).

Si se decide acudir a su uso, se debería buscar su forma como ácido libre (HMB-FA) porque posee mayor biodisponibilidad. La dosis efectiva rondaría los 38 mg/kg/día divididos en 3 tomas, lo cual se traduce en 1 gramo por toma para una persona de 70 kg. En cuanto al *timing*, un protocolo válido sería realizar una toma 60 minutos antes de entrenar; otra, 30–60 minutos después de entrenar; y otra, 3–4 h después.

La suplementación con **HMB** está más orientada a preservar la masa muscular y fuerza en periodos de lesiones o déficits calóricos (**carácter anticatabólico**). La dosis óptima parece situarse **en torno a los 38 mg/kg peso corporal al día**.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

HMB

<https://bit.ly/3ocQkH7>

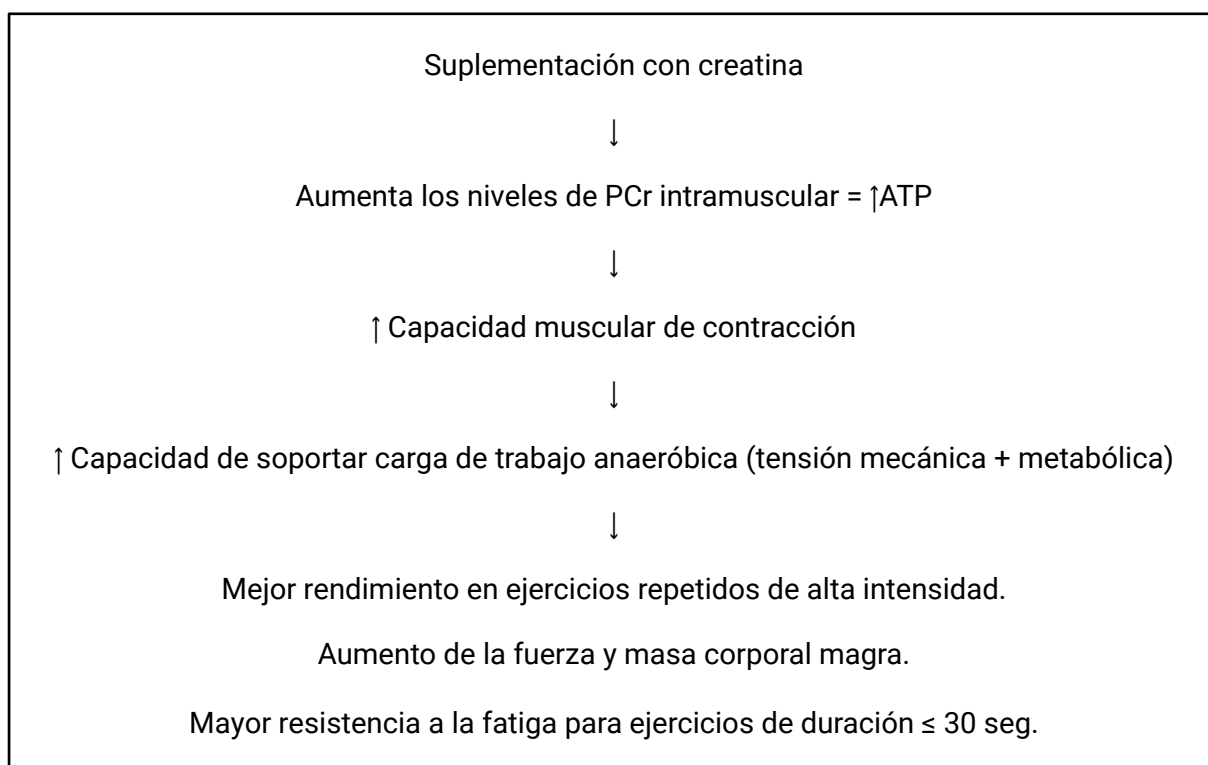
4. CREATINA

El monohidrato de creatina es el más efectivo y estudiado suplemento nutricional ergogénico en términos de aumentar la capacidad y rendimiento en ejercicio de alta intensidad, así como aumentos de masa magra [4].

La creatina es una molécula producida por el cuerpo, a razón de unos 2 gramos diarios aproximadamente, y es sintetizada en el páncreas, riñones e hígado, a partir de los aminoácidos glicina, arginina y metionina, predominando en el músculo esquelético.

Es almacenada en depósitos de alta demanda energética de dos maneras: en la forma fosforilada, o también conocida como **fosfocreatina (PCr)**, en torno a un 60%, mientras que el 40% restante se encuentra en creatina libre. Esta última será la que dispongamos para realizar en cualquier momento un esfuerzo sumamente intenso como para recurrir a ella, tal como podría ser el caso de un *sprint*.

El monohidrato de creatina es el suplemento con mayor evidencia y respaldo en cuanto a efectividad para aumentar masa muscular o mejorar el rendimiento en ejercicio de alta intensidad y/o deportes de fuerza.



Se puede encontrar en los alimentos, tales como carne, pescado o huevos, pero en unas dosis muy inferiores como para poder obtener sus efectos. La alimentación diaria normal proporciona un nivel base de creatina a nivel muscular y de la totalidad del organismo.

En forma de suplementación, el monohidrato de creatina también puede estar micronizado (“creatina micronizada”), que es un proceso mecánico para reducir el tamaño de partículas y aumentar la solubilidad en agua de la creatina; pero es equivalente a monohidrato de creatina.

Dentro de la creatina monohidrato, la comercializada bajo el sello de **Creapure®** (Figura 4) es la que ha sido fabricada bajo los mismos reglamentos estrictos que también se aplican en el sector farmacéutico y es, por tanto, la más segura (otras pueden causar muchos problemas gastrointestinales).



Figura 4: Sello Creapure® indicativo de ser que la creatina es fabricada bajo reglamento farmacéutico.

No hay daño renal o hepático asociados a su suplementación, ni en forma aguda (meses) ni a largo plazo (hasta 30 g/día durante 5 años) [4, 16, 17]. Además, **ofrece otra serie de beneficios, que no están relacionados directamente con facetas deportivas**, tales como: neuroprotección, reducir la sarcopenia o control de la glucosa. En todo tipo de población, desde bebés hasta ancianos (siempre que no haya historial de problemas o enfermedad renal, en cuyo caso debería ser analizado por un médico).

Como consideración importante, parece ser que **a medida que se van llenando los depósitos de creatina, disminuye su absorción**. Esto significa que a partir de los 45–60 días, aproximadamente, se necesitaría administrar un 10–15 % más de cantidad que al comienzo de la fase de mantenimiento para seguir almacenando lo mismo. Por este motivo, y no por motivos de seguridad, se sugiere realizar ciclos de dos o tres meses de ingesta seguidos de un mes de descanso, a continuación (Figura 5). Durante ese mes de descanso, los depósitos se irán depletando, disminuirá algo el rendimiento, pero al comienzo del siguiente ciclo habría supercompensación de almacenaje.

PROTOCOLO DE USO DE LA CREATINA

Opción 1. Con fase de carga (6 – 8 semanas)

- 0.25 – 0.35 g / kg peso corporal al día durante 5–7 días;
- Seguidamente, fase de mantenimiento (0.07–0.1 g/kg peso corporal al día).

Opción 2. Sin fase de carga (8 – 12 semanas)

- Sólo mantenimiento (0.07–0.1 g / kg peso corporal al día) durante 60 días.

Figura 5: Protocolo de uso recomendado de la creatina como suplemento deportivo.

Su absorción muscular se mejora con la toma de hidratos de carbono de alto índice glucémico (IG; aumento del pico de insulina); por este motivo, el gluconato de creatina parece asemejarse a una mezcla de creatina monohidrato e hidratos de carbono de alto índice glucémico. El momento de las tomas puede distribuirse a lo largo del día, siendo aconsejable que **al menos una toma se realice después del entrenamiento**.

El resto de los tipos de creatina no han sido suficientemente estudiadas y los pocos estudios encontrados no muestran mejoras significativas respecto a la monohidrato, más allá de gente con problemas gastrointestinales, de retención excesiva de líquidos o semejante (ej. Creatina Etil Ester o Gluconato de creatina, entre otras). Sus precios son bastantes más elevados.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

CREAPURE®

<https://bit.ly/43FmPOE>



MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO

AQUÍ

NORMAL

<https://bit.ly/3oamtPA>

5. CAFEÍNA

La cafeína es un estimulante, el más seguro y estudiado a nivel mundial, y sus efectos son muy rápidamente perceptibles. La literatura apoya sus efectos beneficiosos sobre la fuerza [18, 19], la resistencia [20] y el rendimiento deportivo [18, 21, 22]. Incluso puede permitir un mejor rendimiento en el entrenamiento cuando estás cansado o tienes algo de sueño, aunque de manera ocasional (la pérdida de descanso y sueño a largo plazo no hay nada que lo esconda) [23].

Sus principales efectos son debidos al efecto antagonista de los receptores A1 y A2 de adenosina, como se puede observar detalladamente en la siguiente imagen (Figura 6).

En deporte, aumenta el rendimiento deportivo en atletas y deportistas entrenados cuando se consume en **dosis bajas o moderadas (3–6 mg / kg peso corporal)**, sin observarse mejoras significativas en dosis superiores a 9 mg por cada kg peso corporal; sin embargo, no es efectiva en personas no entrenadas que participan en ejercicios de alta intensidad; esto puede ser debido a la alta variabilidad en el rendimiento que habitualmente muestran los individuos no entrenados.



Figura 6: Efectos clave de la cafeína sobre el organismo.

Su efecto ergogénico inmediato es mayor cuando se consume de forma anhidra que cuando se consume en forma de café o té, aunque estos últimos permiten un estímulo más prolongado y menos intenso (mayor foco, menos euforia). Se han visto efectos positivos en ejercicios de resistencia y alta intensidad, así como pruebas contrarreloj (Figura 7).



Figura 7: Miligramos de cafeína en diferentes bebidas en una dosis de 240 ml.

Muchos entrenadores, deportistas e incluso estudiantes que durante su periodo de estudio utilizan cafeína, acuden a la estrategia de detener o reducir el consumo de cafeína 7–10 días antes de una competición o un examen. ¿Verdaderamente sabemos si esto funciona en la práctica o estamos basándonos en recomendaciones que, *a priori* y teóricamente, funcionarían?

Sin embargo, un posible factor mitigante es nuestra capacidad de aumentar la tolerancia a la cafeína. Esencialmente, **cuanto más consistentemente consumimos cafeína, menos sensibles somos a sus efectos fisiológicos**. Así que, originalmente, la idea detrás de la retirada de cafeína en la semana anterior a una competición es la de “volver a sensibilizar” al atleta a los efectos de la cafeína cuando vuelva a tomarla progresivamente 2–3 días antes de la misma.

Como decimos, deportistas de diferentes disciplinas deportivas con demandas energéticas también distintas utilizan esta estrategia, pero ¿está claro si llega a funcionar la resensibilización?

Si es fácil para el deportista y no presenta ningún síntoma negativo el hecho de reducir la ingesta de cafeína en la última semana antes de una competición, puede ser una estrategia que valga la pena, ya que en el mejor de los casos le conferirá una ventaja fisiológica para un mejor rendimiento, y en el peor de los casos no tendrá ningún efecto o incluso un pequeño beneficio a través del efecto placebo.

Si además tenemos en cuenta que normalmente en esa fase de *peaking* la carga de entrenamiento estará ligeramente reducida en esta última semana respecto a las pre-

vias, no hay necesidad de estimulantes preentrenamiento o suplementos de cafeína, por lo que lo único difícil de modificar es la ingesta de café. Si tú eres de esos o vuestros deportistas son amantes del café, simplemente echa un poco menos en el café de cada mañana, pero sigue con él sin problema.

Puede ser necesario ciclar la cafeína según las necesidades individuales y el umbral de tolerancia personal, ya que es un suplemento que genera adaptación. Seremos menos sensibles a sus efectos con la ingesta frecuente y prolongada de una misma dosis.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

CAFEÍNA

<https://bit.ly/3L7Kjos>

6. BETA-ALANINA

La beta-alanina es un aminoácido cuyo cometido principal es la de incrementar los depósitos de carnosina intramuscular, con el fin de mejorar las condiciones atléticas, y potenciar el rendimiento en actividades de alta intensidad [24-26].

La carnosina es un dipéptido presente principalmente en el músculo esquelético que ha sido estudiado como una herramienta con potentes efectos antioxidantes. El ejercicio de alta intensidad produce un importante daño oxidativo generado por la acción de los radicales libres, lo que ocasiona que los depósitos de carnosina tiendan a vaciarse. La acidificación producida por los iones H⁺ procedentes de las condiciones anaeróbicas del ejercicio produce la alteración del pH (decrece), tanto en la sangre como en la fibra muscular, provocando una acidez del medio celular. Es por eso, que se experimenta una sensación de “quemazón” a la hora de implementar un *sprint* o una serie de pesas cercana o llegando al fallo muscular.

En este sentido, la beta-alanina, mediante la **acción “tamponadora” o de “buffer”** asociada a la carnosina, ayudará a desacidificar el medio, permitiendo:

- Proseguir con el esfuerzo intenso.
- Retrasar la aparición de fatiga.
- Optimizar la recuperación metabólica entre las series interválicas.

6.1. Picores asociados a la beta-alanina

Normalmente durante las primeras tomas de beta-alanina se puede experimentar una sensación de enrojecimiento de la piel y picores en las extremidades, manos y orejas. Tal fenómeno responde al nombre de prurito, aunque popularmente es mal llamado parestesia (existe diferencia clínica entre *prurito* o “picor” y *parestesia* o “adormecimiento”) y es benigno.

La provisión de suplementos precursores de la carnosina, como la beta-alanina (Figura 8), puede aumentar los niveles de corticosterona, lo que podría explicar la hiperactividad que se ha visto a veces cuando se administra en dosis elevadas y por lo que puede funcionar tan eficientemente como preentrenamiento (efecto agudo en unos 20 minutos).

Este sea quizás el único efecto secundario encontrado; y es que si se ingiere mucha dosis de golpe (10 mg/kg de peso corporal) puede provocar hormigueo excesivo e incómodo, por lo que **es recomendable repartir las tomas a lo largo del día**.

PROTOCOLO DE USO DE LA BETA-ALANINA

1º. Fase de carga (6 semanas)

- 0.05 g/kg peso corporal durante 46 días, repartidos en 3 o 4 tomas diarias.

2º. Fase de mantenimiento (6 semanas)

- Tras la fase de carga inicial, 0.02 g/kg peso corporal al día durante 6 semanas, repartidos en 2 tomas al día.

Figura 8: Protocolo de uso recomendado de la beta-alanina como suplemento deportivo.

** Se ha observado que los efectos de la suplementación con beta-alanina comienzan a notarse en un tiempo relativamente corto (2 semanas), aunque el mayor efecto aparece después de un tiempo más largo (alrededor de 10 semanas).*

6.2. Interacción de la beta-alanina con otros suplementos

Taurina

La beta-alanina comparte el mismo transportador que la taurina, disminuyendo su captación. No obstante, para dosis moderadas no presenta gran problema.

Creatina

Al amortiguar la acidosis, la beta-alanina podría permitir reducir la fatiga muscular y aumentar las repeticiones con la misma carga. Por este motivo, funciona como un amplificador eficaz de los efectos de la creatina, según han demostrado estudios en los que la pérdida de grasa, aumento de masa muscular y aumento de resistencia fueron mayores en comparación con tomar cualquiera de las dos por sí solas (Tabla 4) [26].

Tabla 4: Ejemplos de protocolos de suplementación sinérgica con creatina y beta-alanina.

TABLA EJEMPLO DE PROTOCOLO DE LA CREATINA + BETA-ALANINA

TIEMPO DE CICLO	CREATINA (CR)	BETA ALANINA (BA)
12 semanas	Semanas 1 a 12 0.07 a 0.1 g/kg peso/día	Semanas 1 a 12 0.02 g BA/kg peso/día
12 semanas con carga de BA	Semanas 3 a 12 0.07 a 0.1 g/kg peso/día	Semanas 1 a 3 0.05 g BA/kg peso/día Semanas 3 a 12 0.02 g BA/kg peso/día
12 semanas con carga de CR	Semanas 1 y 2 0.25 a 0.35 g CR/kg peso/día Semanas 2 a 12 0.07 a 0.1 g/kg peso/día	Semanas 1 a 12 0.02 g BA/kg peso/día
8 semanas	Semanas 1 a 8 0.07 a 0.1 g/kg peso/día	Semanas 1 a 8 0.02 g BA/kg peso/día
8 semanas BA + 4 semanas CR	Semanas 5 a 8 0.07 a 0.1 g/kg peso/día	Semanas 1 a 8 0.02 g BA/kg peso/día
Alternancia	Semanas 1 a 6 0.07-0.1 g/kg peso/día Semanas 12-18 0.07 a 0.1 g/kg peso/día	Semanas 7 a 15 0.02 g BA/kg peso/día Semanas 18 a 21 0.02 g BA/kg peso/día



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

BETA ALANINA

<https://bit.ly/41eWqW7>

7. NITRATOS

La suplementación con nitratos ha recibido mucha atención en los últimos años debido a sus efectos sobre la vasodilatación, la presión arterial, la mejora de la eficiencia del trabajo, la modulación de la producción de fuerza y la reducción de la degradación de la fosfocreatina [27-31], todo lo cual puede mejorar potencialmente el rendimiento deportivo.

Particularmente, el zumo de remolacha ha sido el más estudiado, tanto es así que el Instituto del Deporte Australiano [5], quien clasifica los suplementos deportivos según evidencia científica y sobre la base de un análisis de riesgo-beneficio de cada uno, sitúa al zumo de remolacha con un **nivel de evidencia A**, lo que quiere decir que es un suplemento aprobado, que **se ha evaluado científicamente y se ha comprobado su beneficio** cuando se utiliza de acuerdo con un protocolo específico en una situación deportiva específica, algo que seguro que puede sorprender a muchos.

De esta manera, la suplementación con nitratos se suele consumir más comúnmente de 2 a 3 h antes del ejercicio en forma de zumo de remolacha o nitrato de sodio y se prescribe en cantidades relativas que varían de 5 a 6 mg por kilogramo de masa corporal por día, equivalente a unos 350–700 gramos de zumo de remolacha [31].

La suplementación con zumo de remolacha es utilizada por su alto contenido **en nitrato inorgánico (NO_3^-)**, compuesto que se encuentra a su vez en otras verduras y carnes procesadas (como conservante). Una vez que lo ingerimos, el nitrato inorgánico es reducido a **nitrito (NO_2^-)**, el cual se absorbe en el estómago y el intestino, siendo en la sangre el **precursor del óxido nítrico (NO)**, un importante vasodilatador capaz de aumentar el flujo sanguíneo a nivel muscular y favorecer la cesión de oxígeno en el músculo. Este es el principal efecto con su ingesta de forma aguda.

La suplementación con zumo de remolacha es utilizada por su alto contenido **en nitrato inorgánico (NO_3^-)**, cuyo fin último es acabar reduciéndose a óxido nítrico. El óxido nítrico es un importante vasodilatador capaz de aumentar el flujo sanguíneo y favorecer la cesión de oxígeno a nivel muscular.

A su vez, la suplementación crónica con zumo de remolacha podría mejorar la eficiencia de la **respiración mitocondrial** y de la **fosforilación oxidativa**, cosa que no sucedería únicamente con su suplementación aguda. Es decir, su suplementación crónica puede producir **adaptaciones a nivel mitocondrial**, favoreciendo la biogénesis mitocondrial. Recordamos que las mitocondrias son las encargadas de la respiración celular y un mayor número de las mismas se traduce en más oxígeno disponible para la oxidación de glucosa y ácidos grasos en el músculo, lo que a su vez potencia los procesos de relajación y contracción muscular.

Todo ello supone una importante ventaja para muchos deportes, especialmente de resistencia, aunque también para aquellos más anaeróbicos donde esa condición anaeróbica se ha de mantener en el tiempo, como por ejemplo, los deportes de combate.

Sin embargo, como ocurre con todos los suplementos, no todos los hallazgos han reportado beneficios de rendimiento con los nitratos [32-34], por lo que es probable que sus beneficios no ocurran tan destacadamente en todas las personas.

Otros estudios también han informado efectos aditivos o sinérgicos del ejercicio intermitente de alta intensidad, el ejercicio de resistencia o el entrenamiento de resistencia cuando la suplementación con nitrato se combina con fosfato de sodio [35], cafeína [36] o creatina [37], respectivamente.

Tomar **nitratos** diariamente junto con la ingesta crónica complementaria de **sodio, cafeína y/o creatina** actúa de manera **sinérgica**, sumándose los efectos ergogénicos.

Por último, es importante mencionar que los nitratos alimentarios también tienen un beneficio para la salud en algunas poblaciones, pero no en todas. Por ejemplo, el consumo diario de zumo de remolacha disminuye significativamente la presión arterial sistólica en reposo en los adultos mayores, a la vez que aumenta

La suplementación con zumo de remolacha es utilizada por su alto contenido en nitrato inorgánico (NO_3^-), cuyo fin último es acabar reduciéndose a óxido nítrico. El óxido nítrico es un importante vasodilatador capaz de aumentar el flujo sanguíneo y favorecer la cesión de oxígeno a nivel muscular

Por último, es importante mencionar que los nitratos alimentarios también tienen un **beneficio para la salud en algunas poblaciones, pero no en todas**. Por ejemplo, el consumo diario de zumo de remolacha disminuye significativamente la presión arterial sistólica en reposo en los adultos mayores, a la vez que aumenta el flujo sanguíneo a los músculos activos, aumenta el tiempo que se es capaz de mantener el ejercicio en adultos mayores con enfermedad arterial periférica gracias a la función endotelial mejorada [30].

En conjunto, estos resultados indican que **la suplementación con nitratos puede mejorar el rendimiento del ejercicio aeróbico y la salud cardiovascular en algunas poblaciones y en determinados contextos**. Para conseguir los beneficios asociados, se recomienda tomar 400–500 gramos de zumo de remolacha para obtener 5–6 mg nitratos/kg peso/día durante 3–7 semanas previas a un evento importante para potenciar su efecto (Figura 9).

Aunque no es necesario ciclarlo, lo cierto es que en términos de rendimiento deportivo, descansar de su ingesta permitiría resensibilizar al organismo para que, una vez se retomara la suplementación antes de algún evento, se pudieran experimentar de nuevo y en mayor grado los beneficios.

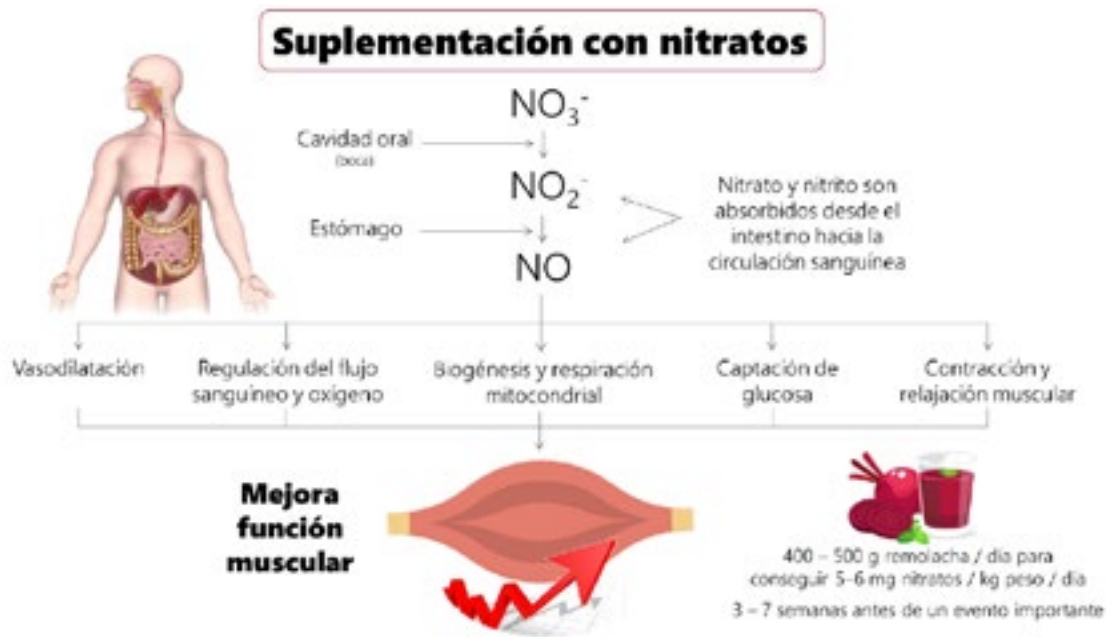


Figura 9. Efectos de la suplementación con nitratos en el rendimiento deportivo. Posología.



MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO

AQUÍ

NITRATOS

<https://bit.ly/3HcgLnh>

8. HIERRO

El hierro (Fe) es un mineral importantísimo en el organismo. El cuerpo lo utiliza para fabricar la hemoglobina, una proteína de los glóbulos rojos que transporta el oxígeno de los pulmones a distintas partes del cuerpo, y la mioglobina, una proteína que provee oxígeno a los músculos (Figura 10).

Cuando los niveles de hierro almacenados en el cuerpo disminuyen, se produce la conocida anemia por deficiencia de hierro (anemia ferropénica). Los glóbulos rojos se hacen más pequeños y contienen menos hemoglobina. Como resultado, la sangre transporta menos oxígeno de los pulmones al resto del cuerpo. Podemos imaginarnos, por tanto, su importancia en el organismo para mantener una buena salud.

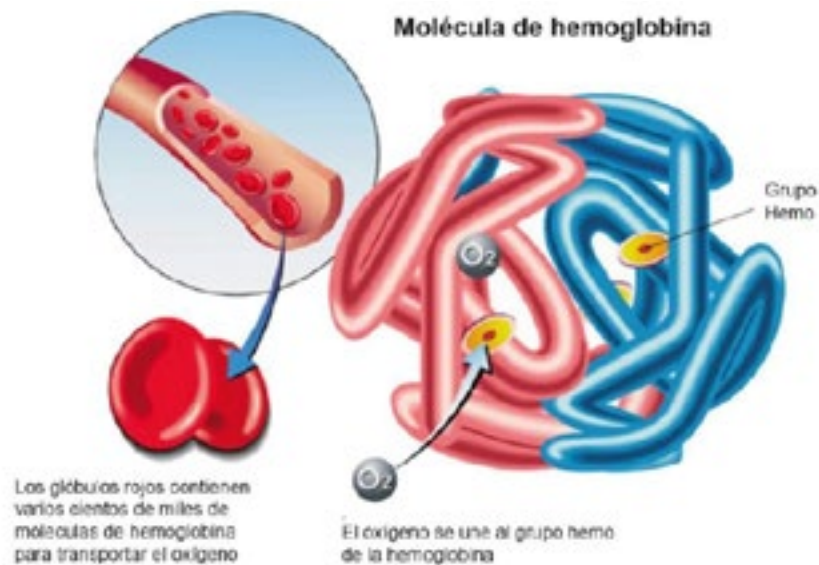


Figura 10. El hierro es utilizado para fabricar la hemoglobina, que permite transportar oxígeno de los pulmones a distintas partes del cuerpo, y mioglobina, una proteína que provee oxígeno a los músculos.

Por supuesto, el hierro también resulta fundamental para el **correcto funcionamiento biológico del organismo de un/a deportista**, debido precisamente a las diversas funciones que ejerce en sistemas vitales como el hematológico. En consecuencia a las elevadas demandas del ejercicio físico y de la preparación del deportista, los requerimientos de hierro de dicha población están también elevados.

Pese a ello, la realidad es que **dentro del colectivo deportista, el hierro es justamente el mineral que mayor déficit presenta entre los minerales** en los deportistas de fondo, y especialmente en las mujeres [38-40]. Esto, a menudo es debido a una ingesta insuficiente del mismo, bien mediante la dieta o la suplementación, pero, también a una ingesta mal planificada del mismo y al sangrado menstrual.

Así mismo, la *pseudoanemia* del deportista puede llevar a equivocaciones al respecto. Para entender, valorar y evitar un error a la hora de diagnosticar anemia en un/a deportista, hay que tener en cuenta y conocer la composición de la sangre.

La sangre está compuesta por células y un volumen plasmático determinado. En respuesta al ejercicio, tanto agudo como crónico, se producen **cambios fisiológicos a nivel hematológico**, y en concreto del volumen sanguíneo.

Inicialmente, y como respuesta aguda al ejercicio, se produce una pérdida de agua corporal total debido a la deshidratación (sudor) y, en consecuencia, disminuye el volumen plasmático, dando lugar a una **hemoconcentración**. La hemoconcentración, como su propio nombre hace entender, es un aumento de la concentración de hemoglobina, hematocrito y número de células rojas debido a la disminución del volumen plasmático.

Sin embargo, en respuesta a la realización de ejercicio de manera habitual, se genera una adaptación hematológica para poder tener más oxigenación y nutrientes en el organismo y músculos ejercitados. Para ello, el organismo pone en marcha mecanismos con el objetivo de aumentar la cantidad total de sangre. Dicho **aumento es mayor a nivel del volumen plasmático que en el número de células (glóbulos rojos)**, produciéndose así una hemodilución y, esto es lo que da lugar a la "falsa anemia del

deportista”, ya que se observa una disminución de la cantidad de hematocrito (en torno a 36–39%) o hemoglobina (según género, entre 12–14 g/dl de sangre) [38].

Como respuesta adaptativa aguda al deporte, se experimenta una hemoconcentración durante la actividad deportiva, pero si se entrena de forma periódica, el organismo aumenta la cantidad total de sangre para una mejor oxigenación, dando lugar a una hemodilución de la misma. Esto puede originar **falsos diagnósticos de anemia** especialmente en deportistas de resistencia y mujeres.

Así, para una correcta evaluación del estado del hierro en el deportista, será necesario medir los niveles de glóbulos rojos, hemoglobina, hierro sérico, ferritina y transferrina. En general, en una anemia ferropénica verdadera ocurre que:

- Los niveles de hemoglobina son más bajos de los normales (12 y 13 mg/dl, en mujeres y hombres, respectivamente),
- la saturación de transferrina (proteína transportadora del hierro) será baja, y
- los niveles de ferritina (indicador de los depósitos de hierro) también serán bajos.

Sin embargo, ante una *pseudoanemia o falsa anemia del deportista*, los niveles de hemoglobina son superiores a 12–13 mg/dl, la saturación de transferrina es normal y los niveles de ferritina medio o incluso puede que los depósitos de hierro sean muy bajos (Tabla 5).

ESTADO DE ANEMIA	HEMOGLOBINA (Hb) (mg/dl)	SATURACIÓN DE TRANSFERRINA (%)	FERRITINA (ng / ml)	ABSORCIÓN DE HIERRO (FE)	TIPO DE INTERVENCIÓN NECESARIA
Anemia ferropénica real	Baja (< 12–13)	Baja (< 16%)	Baja (< 20)	Alta	<ul style="list-style-type: none"> • Farmacológica (urgente) • Disminución actividad • Educación alimentaria
Falsa anemia del deportista	Normal (12–13)	Normal	Media (20–60)	Baja	<ul style="list-style-type: none"> • Dietética • Educación alimentaria

Tabla 5. Comparación anemia ferropénica real vs falsa anemia del deportista.

Es por ello por lo que para completar estas mediciones se ha empezado a utilizar otro parámetro para el diagnóstico de la anemia del deportista: la **hepcidina**.

La hepcidina es una hormona que regula la degradación de la ferroportina (transportador intestinal del hierro) y que regula, por lo tanto, su absorción. Dicho transportador permitirá que el hierro ingerido llegue al torrente sanguíneo para que la transferrina (transportador del hierro en la sangre pueda ejercer su trabajo de transporte a órganos y tejidos).

Dicha hormona se descubrió hace relativamente poco tiempo, hacia el 2003 concretamente, por lo que de momento queda mucho por investigar al respecto. Sin embargo, sí que sabemos que **el ejercicio eleva los niveles de hepcidina [40-43]. Si dichos niveles se elevan, la degradación de los transportadores intestinales será mayor y la absorción del hierro disminuirá.** Por lo tanto, para una idónea absorción del hierro se necesitarán valores disminuidos de dicha hormona.

El ejercicio, en ese sentido, podemos decir que no ayuda. Se ha visto que a partir del 60% del VO₂ máx., es decir, prácticamente cualquier entrenamiento que se realiza en un sistema de preparación normal, los niveles de hepcidina aumentan considerablemente y pueden permanecer en ese estado durante las siguientes 12–14h [43, 44], si bien, el pico máximo de la misma, parece obtenerse a las 3 h postejercicio. A partir de este dato, por tanto, **podemos anticipar que después de la práctica deportiva no sería inteligente tomar hierro como suplemento.**

También debemos de tener en cuenta que el comportamiento de la hepcidina dependerá de distintos factores como el estado de los depósitos de hierro endógenos (ferritina y hemoglobina) y de la inflamación, medida mediante la interleucina IL-6, y que parece ser el factor principal del aumento de dichos niveles tras el ejercicio. Esta puede ser una razón de peso que ayuda a explicar la **disminuida absorción de hierro que nos encontramos en muchos deportistas** [43, 44].

La *hepcidina* es una hormona que regula la degradación de la ferroportina (transportador intestinal del hierro) y que regula, por lo tanto, su absorción. La *hepcidina* ayuda a entender la disminuida absorción de hierro que tienen muchos deportistas porque **el ejercicio eleva sus niveles, provocando mayor degradación de los transportadores intestinales de hierro y, como consecuencia, la absorción del hierro disminuye.**

8.1. Fuentes alimenticias de hierro

El hierro es un mineral que está presente en muchos alimentos de nuestra dieta habitual y, pese a ello, nos encontramos con el impedimento de la **baja capacidad de absorción de este mineral**: solo se absorbe un 4–8% en los alimentos de origen vegetal (excepto legumbres y soja, cuya tasa de absorción puede variar entre el 15–20%) y un máximo de un 20–30% en alimentos animales, sobre todo carnes y mariscos. En este sentido, lo más importante es conocer la disponibilidad de dicho mineral en los alimentos y clasificarlos en base a ello.

Podemos dividir los alimentos por el tipo de hierro que tienen en dos grupos principales (Figura 11).

- Alimentos con *hierro hemo*. Principalmente carnes y mariscos, cuyo porcentaje de absorción varía entre el 10% y el 30%.
- Alimentos con *hierro no hemo*. Presente principalmente en alimentos de origen vegetal, además de en los huevos y la leche. Su porcentaje de absorción varía desde el 1 al 8 %, salvo excepciones como la soja, cuyo porcentaje de absorción es del 20%.



Figura 11. Cantidades de hierro en alimentos. Los alimentos de origen animal, a excepción de leche y huevos, contienen hierro hemo, que se absorbe en mayor cantidad que el hierro no hemo, presente en leche, huevos y alimentos de origen vegetal.

La biodisponibilidad del hierro depende del tipo de alimento, cantidad del mineral en el alimento, combinación de alimentos dentro de la comida, estado nutricional del individuo y otros casos en el cual se modifica la cinética del hierro dentro del organismo. Esta biodisponibilidad, puede verse afectada por diversos factores propios del individuo (factores intrínsecos o fisiológicos) y por prácticas culinarias o nutricionales (factores extrínsecos o dietéticos) que condicionan su absorción [38].

En primer lugar, cabe destacar que el *hierro no hemo* necesita un pH ácido para reducirse y absorberse. No obstante, otros componentes que se encuentran en el alimento como los polifenoles, fitatos, oxalatos, taninos, fibra insoluble y minerales como el fósforo, calcio o zinc pueden dificultar la absorción de hierro. Por otro lado, la vitamina C, las proteínas cárnicas, la vitamina A y los fructooligosacáridos pueden favorecer su absorción.

Componentes que se encuentran en los alimentos como los **polifenoles, fitatos, oxalatos, taninos, fibra insoluble y minerales como el fósforo, calcio o zinc pueden dificultar la absorción de hierro**. Por otro lado, la **vitamina C, las proteínas cárnicas, la vitamina A y los fructooligosacáridos pueden favorecer su absorción**.

8.2. Planificación de la ingesta de hierro

Previamente hemos explicado la implicación de la *hepcidina* en la absorción del hierro y lo difícil que puede resultar manejarla para evitar que interfiera en los niveles normales de hierro. **Debido a la carga intensa de los entrenamientos que incrementa los niveles de *hepcidina*, parece no existir ningún momento ideal para la administración**

del hierro dietético o en forma de suplemento. Por ello, en este contexto adquiere importancia y sentido la **periodización** de los entrenamientos por parte de los entrenadores, con alternancia de días más suaves y de descanso en los que la absorción estará mejorada. Este hecho, desde luego, habrá que tenerlo en cuenta para planificar las ingestas de alimentos ricos en hierro y la respectiva suplementación en el día a día [38].

No cabe duda de que lo ideal es tomar el hierro en situación de ayunas y después de un periodo de descanso, con la menor interferencia posible del entrenamiento. Es decir, esto suele ser a primera hora de la mañana.

Lo ideal es tomar el **hierro en situación de ayunas y después de un periodo de descanso**, con la menor interferencia posible del entrenamiento. Es decir, esto suele ser a primera hora de la mañana.

Además, deberemos de tener en cuenta que una ingesta crónica de hierro puede resultar en un aumento de la *hepcidina* de manera endógena, debido a unos depósitos elevados de dicho mineral. Por ello, parece ser una buena estrategia de mejora de absorción del hierro su toma en periodos alternos y no estar tomando siempre.

Ejemplo Práctico:

En un atleta que entrena por las mañanas (10:00h), un momento idóneo para la ingesta de hierro, junto a vitamina C en su caso, puede ser la primera comida del día, el desayuno, siempre dejando un espacio de tiempo prudente para su digestión y absorción antes del entrenamiento –entre 2 horas y 2 horas y media antes de entrenar– .

Además, la periodización de la ingesta podría ser de 2 semanas con suplementación, con un periodo de descanso de 10 días entre medio, para volver a realizar otra toma de 2 semanas.

Por tanto, antes de valorar la ingesta de hierro en forma de suplemento, es más recomendable **intentar modificar las estrategias diarias para incrementar la absorción y retención de hierro** procedente de la ingesta dietética:

- La absorción de hierro está limitada por el café, té, chocolate, lácteos, huevos, y alimentos ricos en calcio, fósforo y zinc (granos enteros, semillas, frutos secos y legumbres), por lo que sería recomendable separar lo máximo posible los alimentos ricos en hierro de estos limitantes.
- Es recomendable remojar siempre las legumbres o comprar legumbres ya peladas. Además, deberían ir siempre acompañadas de alimentos ricos en vitamina C para facilitar su absorción (naranjas, kiwi, pimienta cruda, tomate crudo, fresas, piña...).
- La congelación, tratamientos térmicos y almacenamiento prolongado empeoran la absorción de hierro.

No obstante, en caso de resultar complicado alcanzar niveles óptimos de estado del hierro, la suplementación con **sulfato ferroso** a razón de 80–105 mg / día, preferentemente en ayunas y lejos del entrenamiento, resultaría útil [4, 45]. Otra opción existente

es el **biglicinato de hierro**, en cuyo caso, también en ayunas, la dosis diaria recomendada sería de 20–25 mg.



MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO **AQUÍ**

HIERRO
<https://bit.ly/3GPp1tb>

9. OMEGA-3

Los ácidos grasos omega-3 pertenecen a los **ácidos grasos poliinsaturados**. Los ácidos grasos poliinsaturados contienen dos o más dobles enlaces en la cadena de carbono (Figura 12). A pesar de que podría parecer que un doble enlace tiene más fortaleza que un enlace simple, la realidad es que los enlaces dobles son más débiles y menos estables que los enlaces simples. Debido a esto, cuanto mayor sea el número de enlaces dobles, mayor será la oportunidad para que el ambiente químico reaccione con el ácido graso, lo que significa que cuanto mayor número de enlaces dobles tenga un ácido graso poliinsaturado, más fácil es de digerir y más rápidamente se elimina de la sangre, reduciendo así el potencial de aterosclerosis.

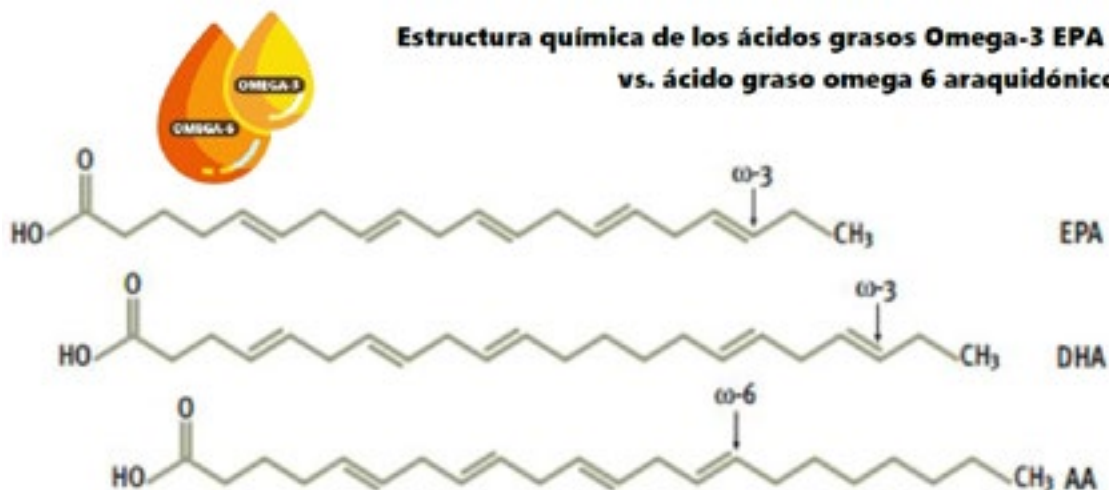


Figura 12. Estructura química de los ácidos grasos omega-3 EPA y DHA vs. ácido graso omega 6 araquidónico (AA).

A estos en concreto, se les conoce como ácidos grasos omega-3 porque el primer doble enlace, contando desde el extremo no ácido del ácido graso, se produce en el tercer átomo de carbono (Figura 12).

Hay tres ácidos grasos omega-3 diferentes:

- Ácido alfa-linolénico (ALA)
- Ácido eicosapentaenoico (EPA),
- Ácido docosahexaenoico (DHA)

El EPA y el DHA (ácidos grasos omega n-3, por no ser esenciales) se derivan del pescado, y el ALA (uno de los ácidos grasos esenciales) se deriva de vegetales, semillas y nueces. La semilla de lino se emplea de forma habitual en veganos para mejorar la ingesta dietética de ALA, que permite sintetizar los otros ácidos grasos omega-3, sin embargo, su síntesis es mucho menor que la recomendada y por eso, en caso de ser vegano, sería más recomendable tomar suplementación de omega-3 con alto EPA y DHA (Figura 13).



Figura 13. Metabolismo (conversión) y fuentes principales de omega-3.

En la Unión Europea (UE), en todas las poblaciones, la ingesta de EPA y DHA no es adecuada; en el 74% de los países de la UE se encontró que la ingesta era inferior a la recomendación de la Agencia Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) de 250 mg de EPA y DHA como ingesta adecuada para adultos [46], por eso, valorar su suplementación es importante ya que en varios estudios se ha encontrado que los ácidos grasos omega-3 son extremadamente importantes para la salud [46-52]:

- El DHA está altamente concentrado en las membranas celulares de la retina, y los estudios han determinado que el DHA es necesario para el **desarrollo y la función de esta parte del ojo**.
- También contribuyen a la **reducción de enfermedad coronaria**. Un estudio que evaluó a 1822 hombres durante 30 años [47] encontró que la muerte por esta razón fue 38% menor en los hombres que consumieron un promedio de 34 g/día de pescado que en los que no comieron pescado.

En la misma línea, las mujeres que consumen más ALA de los alimentos tienen un riesgo 54% menor de muerte por enfermedad coronaria que las mujeres que consumen menos [48].

- Se ha visto que los aceites de pescado (EPA y DHA) **reducen de manera significativa los triglicéridos séricos en los diabéticos**. Los triglicéridos elevados en la circulación son un riesgo grave para la salud en los pacientes con diabetes de tipo 2.
- También **reducen los efectos inflamatorios** debilitantes de la artritis reumatoide y de la colitis ulcerosa, una enfermedad inflamatoria del intestino grueso.
- En estudios de personas con trastornos psicológicos (esquizofrenia, depresión y trastorno bipolar), el consumo de EPA y DHA produjo **menos depresión** que en aquellos que tomaron un placebo [50].
- **En deportistas**, la evidencia presentada en los estudios revisados muestra que los ácidos grasos EPA y DHA pueden tener el potencial de influir no solo en la respuesta metabólica del músculo a la nutrición, sino también en la **respuesta funcional fisiológica al ejercicio y las condiciones posteriores al ejercicio, mejorando la recuperación** [51, 52]. Sin embargo, estas adaptaciones fisiológicas y metabólicas no siempre se tienen por qué traducir en una mejora del rendimiento.

En cuanto a los efectos secundarios, es cierto que algunos estudios también sugieren que la ingesta excesiva de ácidos grasos omega-3 puede tener efectos como mayor riesgo de cáncer de próstata, inmunidad reducida y fibrilación auricular que podría provocar un accidente cerebrovascular [53].

Los **ácidos grasos omega-3 son extremadamente importantes para la salud y pueden tener su efecto potencial sobre el rendimiento** mediante la mejora en la recuperación observada en deportistas. Por ello, se recomienda ingerir **entre 0.5 y 2.0 gramos diarios**, preferiblemente procedentes de los alimentos. Excederse en la dosis (>5 gramos diarios) de manera recurrente puede también tener efectos secundarios indeseados.


Tomados en conjunto, los datos sugieren que aumentar el consumo de alimentos con ácidos grasos omega-3 a partir del consumo más regular de **pescado azul (caballa, el arenque, las sardinas y el salmón salvaje)**, unas 2 o 3 veces por semana, puede mejorar la salud sin correr el riesgo de tener problemas que puedan surgir del consumo regular en exceso a través de la suplementación.

Específicamente, **la cantidad diaria de omega-3 recomendada es el 0,5% de la cantidad total de kcal consumidas al día**. Por tanto, para 2000 kcal al día, se debería ingerir 1 gramo de este ácido graso*.

** No obstante, muchos nutricionistas recomiendan la toma de dosis más elevadas para el tratamiento de patologías cardiovasculares o inflamatorias. En estos casos, se recomienda la ingesta en forma de suplemento dietético, que permitiría el suministro al cuerpo de la cantidad adecuada de omega-3.*

Desgraciadamente, el consumo habitual de pescado no suele estar presente en los hábitos alimenticios de muchas personas. por eso, cuando se tome en suplemento, la ingesta media recomendada **oscilará entre 250 y 500 mg/día**. Esto se puede conseguir

fácilmente con la **suplementación de 1 gramo de omega-3 diario con alta proporción (≥60%) de EPA y DHA** (Figura 13).



MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO **AQUÍ**

OMEGA-3
<https://bit.ly/3UGlcfj>

10. PROBIÓTICOS

Las molestias gastrointestinales durante el ejercicio de alta intensidad son bastante frecuentes y un factor limitante del rendimiento deportivo, ya que pueden provocar que el deportista baje su rendimiento o que tenga que retirarse del todo de la competición o entrenamiento [54]. Parece ser que **la suplementación con probióticos podría reducir la frecuencia, severidad y/o duración de las afecciones gastrointestinales** [55-59]. Así, el Instituto Australiano del Deporte (Australian Institute of Sport, AIS), clasifica a los probióticos en suplementos pertenecientes a la **categoría A** (evidencia consensuada), es decir, como suplementos aprobados o con evidencia científica suficiente cuyo uso puede proporcionar al atleta beneficios en su rendimiento [5].

En deportes de resistencia y a intensidades superiores al 70% del VO₂ máx., se produce una fuerte reducción del flujo sanguíneo en la zona digestiva, distribuyéndose la sangre principalmente hacia el músculo esquelético y corazón. Esta redistribución del flujo sanguíneo y, por lo tanto, la isquemia gastrointestinal producida es la principal causa de náuseas, vómitos, dolor abdominal, diarrea y sangre en las heces [54].

Todo ello unido a un estado de posible deshidratación, aumentan los problemas gastrointestinales, y son uno de los problemas habituales en los deportes de resistencia.

La isquemia provoca un daño en la mucosa gastrointestinal, aumentando la permeabilidad de la pared gastrointestinal y la pérdida de sangre, provocando alteraciones de la microbiota protectora gastrointestinal y generando endotoxinas [56] (Figura 14). Las endotoxinas son radicales libres susceptibles a peroxidación, y, por tanto, a formación de especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden provocar daño a otros componentes celulares.

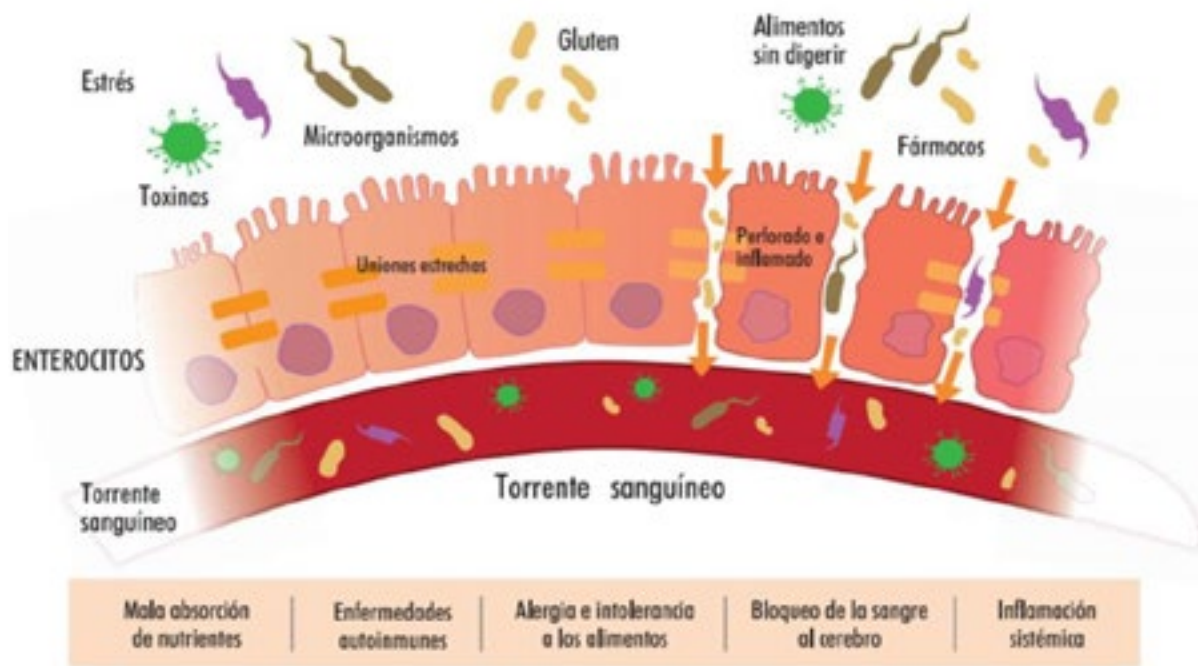


Figura 14. En deportes de resistencia y a intensidades superiores al 70% del VO_2 máx., se produce una fuerte reducción del flujo sanguíneo en la zona digestiva, distribuyéndose la sangre principalmente hacia el músculo esquelético y corazón. Esta redistribución del flujo sanguíneo da lugar a isquemia gastrointestinal que facilita la ruptura de la continuidad en las barreras protectoras (flechas naranjas).

Los suplementos o alimentos que contienen probióticos modulan la flora microbiana intestinal (población bacteriana que habita en el tracto gastrointestinal), proporcionando una mejora del intestino y la función intestinal, minimizando así las posibles enfermedades o molestias gastrointestinales que puedan surgir durante la práctica de ejercicio de alta intensidad [55-59]. De esta manera, podemos hacer que los entrenamientos sean de máxima calidad y que el deportista rinda a su máximo nivel.

Los probióticos son microorganismos vivos que, al ser administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficio a la salud [57]. Dichos microorganismos afectan de forma beneficiosa al desarrollo de la flora microbiana en el intestino. A su vez, la flora microbiana está estrechamente relacionada con el sistema inmune, por lo que los probióticos podrían modular indirectamente cambios en el sistema inmunológico.

Los probióticos más utilizados son bacterias lácticas, especialmente los del género *Lactobacillus* (utilizados en la fermentación de alimentos) y *Bifidobacterium* (gérmenes anaerobios estrictos), aunque también se emplean microorganismos no bacterianos, como *Saccharomyces boulardii* (levadura no patógena) y bacterias no patógenas como *Streptococcus thermophilus* y *Escherichia coli* [58, 59].

No obstante, **las especies más estudiadas en deportistas y personas activas** son: *Lactobacillus casei*, *L. fermentum*, *L. acidophilus* y *L. rhamnosus* [55, 59]. Esto quiere decir que las cepas que utilizaríamos en el contexto deportivo deberían de tener al menos estas cuatro cepas.

Los probióticos son microorganismos vivos que, al ser administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficio a la salud, afectando positivamente al desarrollo de la flora microbiana en el intestino. **Las especies más estudiadas en deportistas y personas activas** son *Lactobacillus casei*, *L. fermentum*, *L. acidophilus* y *L. rhamnosus*, por lo que, en caso de usarse suplementación con probióticos en este colectivo tan afectado por molestias gastrointestinales, los suplementos deberían contener al menos estas cuatro cepas.

10.1. Probióticos para el estrés emocional del deportista

Según el artículo *Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: A systematic review for athletes* [60], la fatiga, las alteraciones del estado de ánimo, el bajo rendimiento y el malestar gastrointestinal son comunes entre los atletas durante el entreno y la competición. Las demandas psicosociales y físicas durante el ejercicio intenso pueden iniciar una respuesta al estrés activando los ejes simpático-adreno-medular y hipotálamo-hipófiso-adrenal (HPA) lo que resulta en la liberación de estrés y hormonas catabólicas, citoquinas inflamatorias y moléculas microbianas.

El intestino es la casa de trillones de microorganismos que tienen un papel fundamental en muchos aspectos de la biología humana incluyendo el metabolismo, la función endocrina, neuronal e inmune. Se cree que el **microbioma intestinal** y su influencia en el comportamiento del huésped, la barrera intestinal y la función inmune son un aspecto crítico del **eje cerebro-intestino** (Figura 15).

Las evidencias que estamos mencionando muestran que hay una alta correlación entre el estrés físico y emocional durante el ejercicio y los cambios en la composición de la microbiota gastrointestinal. A causa de la considerable complejidad de las respuestas de estrés en los atletas de élite (desde el intestino permeable hasta el aumento del catabolismo y la depresión), la definición de regímenes de dieta estándar es difícil.

Por eso, es interesante percatarse de que algunos datos experimentales preliminares obtenidos de estudios que utilizan **probióticos** muestran algunos resultados interesantes que indican que la microbiota actúa como un órgano endocrino, por ejemplo, secretando serotonina, dopamina u otros neurotransmisores, y pueden controlar y revertir las alteraciones del eje intestino-cerebro en atletas.

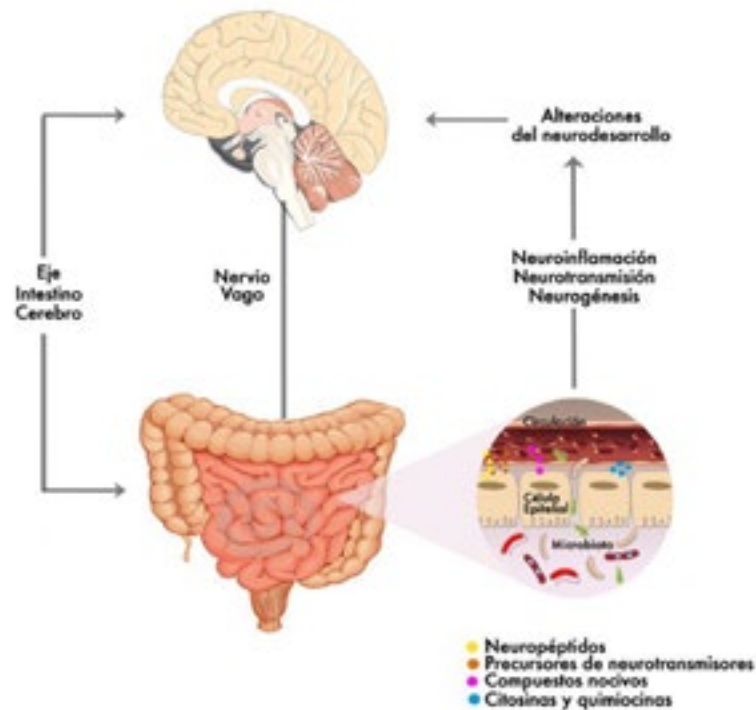


Figura 15. Eje intestino-cerebro. Existen varios mecanismos a través de los cuales la disbiosis intestinal puede afectar la funcionalidad del cerebro; estos incluyen el aumento de la permeabilidad intestinal, la producción de citoquinas proinflamatorias y quimiocinas, y la síntesis de compuestos tóxicos, neuropéptidos y sus respectivos precursores. La modificación de la permeabilidad permite el paso de todas estas moléculas a la circulación sanguínea y la barrera hematoencefálica. En consecuencia, se genera una posible afectación en procesos de neurogénesis, neurotransmisión y neuroinflamación.

Lo que es preocupante es que las recomendaciones dietéticas para atletas de élite se basan principalmente en un bajo consumo de polisacáridos de plantas, lo que está asociado con una diversidad y funcionalidad de microbiota reducida (por ejemplo, menos síntesis de subproductos como ácidos grasos de cadena corta y neurotransmisores).

Como estamos viendo, a medida que más atletas de élite padecen condiciones psicológicas y gastrointestinales que pueden vincularse con el intestino, **es posible que sea necesario incorporar la microbiota terapéuticamente en las dietas de los atletas.**

Aunque no hay consenso en relación a la dosis óptima que deben tener los suplementos con probióticos para provocar los efectos beneficiosos, las dosis actuales oscilan en rangos de **108 a 10¹¹ unidades formadoras de colonias (UCF) por día**, empezando el tratamiento con probióticos al menos con **14 días de antelación** a un viaje, evento o competición, para que haya tiempo suficiente para la colonización de las bacterias en el intestino [55].

Los probióticos se pueden tomar bien a través de preparados farmacológicos como cápsulas y/o polvos, o bien a través de alimentos. **Los alimentos más comunes ricos en probióticos son la leche fermentada o yogur** (siempre que contenga *Lactobacillus* y bifidobacterias), el **kéfir y verduras fermentadas** como el chucrut (col fermentada) o encurtidos. No obstante, por ejemplo, después de un tratamiento con antibióticos en el que hay un barrido de la flora, no serían quizá suficientes los probióticos de origen alimentario y necesitaríamos suplementar para renovar la flora rápidamente.

Si bien es cierto que los alimentos más utilizados para la administración de probióticos son los lácteos, los nuevos avances en microbiología y tecnología de alimentos están permitiendo la incorporación de estos microorganismos a productos tan variados como jugos, helados, cereales, barritas nutritivas, soja, queso, mantequilla, leche en polvo, mayonesa, chocolate y galletas.

Por último, **para potenciar el efecto de los probióticos, podríamos ingerir estos junto con los prebióticos** [57, 59]. Los prebióticos se definen como ingredientes de los alimentos que están compuestos por hidratos de carbono no digeribles (resistentes a la digestión) y que tienen un efecto beneficioso en la salud del huésped. Los prebióticos atraviesan todo el aparato digestivo hasta la parte final del intestino, donde son fermentados por las bacterias (probióticos) para producir ácidos grasos de cadena corta (como butirato, propionato y acetato), dando como resultado cambios en la composición y actividad de la microbiota intestinal, aportando beneficios para la salud del huésped. Dicho de forma más coloquial, se trata de **alimentos para los probióticos** (cepas vivas).

De momento se puede decir que los suplementos con **probióticos son seguros y pueden reducir el riesgo de enfermedades gastrointestinales durante periodos de entrenamiento intenso o competición**. No obstante, no se puede afirmar que la toma de probióticos mejore el rendimiento deportivo, sino más bien que previene que el rendimiento decaiga por problemas gastrointestinales.

Los alimentos más comunes ricos en probióticos son la **leche fermentada o yogur** (siempre que contenga *lactobacillus* y bifidobacterias), el **kéfir** y **verduras fermentadas** como el chucrut (col fermentada) o encurtidos.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

PROBIÓTICOS

<https://bit.ly/43P0OwW>

11. VITAMINA D

Las vitaminas del grupo D es un grupo de vitaminas que contribuyen al funcionamiento saludable del cuerpo, al igual que el resto de vitaminas y minerales. Evidentemente, cualquier déficit en alguna vitamina o algún mineral supondrá un cierto desequilibrio que podría conllevar algún riesgo para la salud, pero en este caso nos centramos en la vitamina D porque es más propensa a experimentar déficits que el resto de vitaminas [61-63].

La acción fundamental de la vitamina D es la regulación del metabolismo del calcio y del fósforo, con el fin de mantener las concentraciones de estos iones estables en sangre y la adecuada mineralización del esqueleto. Cuando existe déficit de vitamina D solo se absorbe un 10–15% del calcio y un 50–60% del fósforo de la dieta.

La vitamina D2 y D3 obtenida de los alimentos, la exposición a la luz solar o la suplementación no presenta actividad por sí misma y precisa de dos hidroxilaciones: en primer lugar, pueden convertirse en 25-hidroxivitamina [25 (OH) D] en el hígado y luego medirse en la sangre [61]. Luego, la 25 (OH) D se puede convertir en el compuesto bioactivo **calcitriol**, también denominado 1,25-dihidroxivitamina D3 [1,25 (OH) 2 D3], que estimula la absorción intestinal de calcio y fosfato y promueve la formación de hueso nuevo (Figura 16). Por ello, **la vitamina D medida en sangre es un importante marcador de osteopenia y osteoporosis.**

Pero además de esta conocida función, el sistema hormonal de la vitamina D presenta múltiples e importantes relaciones con la **función muscular.**

En primer lugar, porque, recordamos, el calcio es determinante para iniciar y mantener la contracción muscular y la vitamina D influye directamente en su correcto metabolismo; y, en segundo lugar, porque algunos estudios novedosos plantean la posibilidad de que las células del tejido muscular puedan ser almacenes activos de vitamina D [64]. Aunque esto aún se considera una hipótesis que confirmar, se podría deber a que las células musculares incorporan una proteína de unión a vitamina D de la sangre que trabaja en los ciclos de contracciones musculares, así como en el mejor aprovechamiento del calcio a nivel fibrilar.

El caso es que la vitamina D, a diferencia de otras vitaminas, **se obtiene principalmente no de los alimentos, sino por la acción de la luz solar sobre la piel.** Con la disminución de la exposición solar en invierno, así como por la disminución de la intensidad de esta asociada a **latitudes superiores a 33°**, la mayor parte de la producción de vitamina D a través del sol se produce en verano. De hecho, los niveles de vitamina D

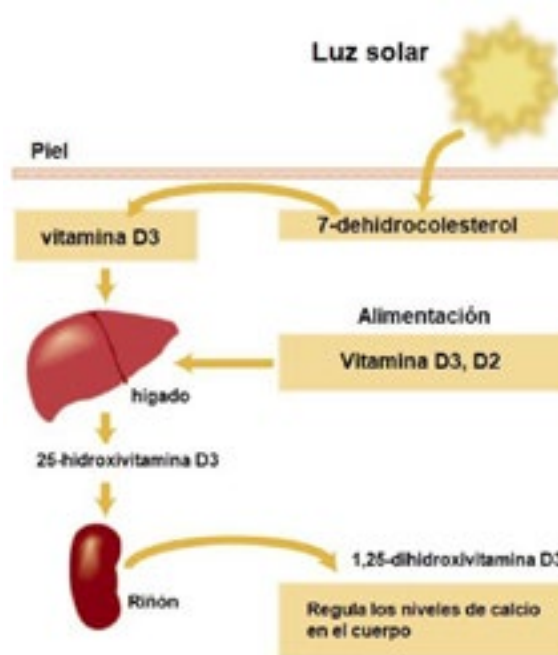


Figura 16. Metabolismo de la vitamina D.

que tengamos en invierno van a depender en gran parte de la cantidad de vitamina D que seamos capaces de sintetizar en verano.

Desafortunadamente, **su deficiencia es más común de lo deseado** [61-64]. El rango saludable establecido de vitamina D se sitúa entre 20 y 60 ng/ml de sangre, y al hablar de deficiencia no hablamos de que la mayoría de nosotros estemos por debajo de esos niveles límite, sino que dentro del rango de la normalidad, indicado entre 20 y 60 ng/ml, **hay un gran percentil de personas entre 20 y 30 ng/ml**.

Son varias las razones de estos resultados, como la baja ingestión dietética, la baja exposición solar, que es la fuente de obtención prioritaria, la reducción de la eficiencia cutánea en la producción de vitamina D y la reducción de la capacidad renal para la conversión en el metabolito activo. Además, se ha sugerido que los sujetos con osteoporosis, especialmente los ancianos, tienen una cierta resistencia a los efectos de la vitamina D activa [65].

Los deportistas también tienen alta prevalencia de insuficiencia de vitamina D, algo que se debe a que tienen una mayor tasa metabólica, experimentan entrenamiento en interiores durante todo el año, carecen de la exposición a la luz solar ultravioleta, o no tienen soluciones adecuadas para mantener la 25 (OH) D en rango.

Existe un importante **déficit de vitamina D en la población**. La baja exposición a **luz solar** que se da en ciertas latitudes del planeta y la **alimentación** deficitaria determinan estos niveles. Además, en el caso de los **deportistas**, también existe alta prevalencia de insuficiencia de vitamina D, algo que se debe a una **mayor tasa metabólica** que se suma a las causas anteriores.

La vitamina D también juega un papel importante en la regulación de nuestro sistema inmune. Déficits de esta vitamina se asocian con más riesgo de infecciones respiratorias y su suplementación ha demostrado reducir el riesgo de contraerlas [65, 66].

Antes de suplementarse, por supuesto, lo ideal sería conocer el nivel actual mediante analítica y priorizar su aporte dietético mediante alimentos (Tabla 6). Sin embargo, dado que suplementarse con vitamina D no es caro y se puede hacer un año entero por unos 15 euros, que la pérdida económica es mínima y los riesgos de hipervitaminosis son menos probables que los beneficios que se podrían obtener, **suplementarse con esta vitamina es recomendable**.

Si una persona tiene más de 30 ng/ml, algo no muy habitual entre la población, es bastante improbable que suplementarse vaya a ayudar. Por otro lado, si se tienen menos de 30 ng/ml o se desconocen los niveles pero no la persona no se expone con frecuencia al sol, suplementar sería buena opción.

ALIMENTO	VITAMINA D (UI/PORCIÓN)
Salmón salvaje	600–1000
Salmón cultivado	100–250
Sardinias en lata	300–600
Atún en lata	230–250
Aceite de hígado de bacalao	400–1000
Hongos <i>shiitake</i> frescos	100
Hongos <i>shiitake</i> secos	1600
Yema de huevo	20
Hongos frescos	75–90
Productos fortificados con vitamina D (lácteos, yogur, quesos...)	100
Mantequilla	50–55
Margarina	420–430
Cereales del desayuno	100

Tabla 6: Contenido de Vitamina D en alimentos.

Se pueden tomar dosis elevadas (10 000–40 000 UI) cada cierto tiempo o dosis pequeñas con más frecuencia (1 000–2 000 UI diarias). Muchas marcas de suplementación ofrecen productos en los que aparecen vitamina D3 y vitamina K2, ambas dos potenciando el efecto de la otra. La vitamina D aumenta la absorción de calcio y la vitamina K favorece la llegada de este calcio a los huesos, reduciendo el riesgo de que se deposite en otros tejidos, como riñones o arterias.

Así, suplementarse con ella mejoraría la salud ósea y coronaria, además de influir destacadamente en la función muscular y su recuperación. Eso sí, siempre siendo conscientes de que el sol nos beneficia por más vías que la vitamina D en forma de suplemento o incluida en alimentos, por lo que, en la medida de lo posible, la exposición solar moderada es muy recomendable.



MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO

AQUÍ

VITAMINA D

<https://bit.ly/40eNvTh>



Parte 3.

SUPLEMENTOS CON EVIDENCIA
LIMITADA (GRUPOS 2 Y 3)

El resto de suplementación deportiva perteneciente a los grupos con evidencia más limitada que respalde su eficacia y/o seguridad deberían estudiarse más al detalle las necesidades propias de cada deportista y los contextos concretos.

Es cierto que algunos son más conocidos y la creencia popular podría hacer pensar que tienen un nivel de evidencia y/o seguridad mayor, pero en realidad no es así. Sin embargo, no significa que no sean útiles en según qué circunstancias personales o incluso en sinergia con otros suplementos de igual o mayor eficacia. Ejemplos claros son los aminoácidos ramificados (BCAA's), la glutamina, la citrulina, la arginina, etc.

En la búsqueda de objetivos exigentes en términos de salud, estética o rendimiento, una alimentación y nutrición adecuada supondrá la base más importante y sólida para aprovechar al máximo el entrenamiento deportivo y conseguir adaptaciones eficaces hacia la consecución de estos. La suplementación con los suplementos clasificados en estos grupos será *menos importante* en comparación con ello, pero no por ello inútil.

1. AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS (BCAA'S)

El conjunto de aminoácidos de cadena ramificada está formado por **leucina, isoleucina y valina**. Constituyen, aproximadamente, un tercio de la proteína muscular del músculo esquelético, una de las razones principales por las que se apoya su uso como suplemento en el deporte. Asimismo, son aminoácidos esenciales porque el ser humano no puede producirlos y necesitan ser ingeridos a través de la dieta. Además, suponen alrededor del 40% de los requerimientos diarios de estos **aminoácidos esenciales** en el hombre, con una ingesta media recomendada de 79–85 mg / kg peso corporal al día para personas sanas y no clasificadas como deportistas [67, 68].

De los tres aminoácidos que los constituyen, el más importante según la evidencia científica parece ser la **leucina, por su principal papel en la síntesis proteica muscular (MPS, Muscle Protein Synthesis)** [67-69]. De hecho, se encuentran en una proporción 2:1:1 (leucina : isoleucina : valina) de manera natural en el músculo esquelético; lo que quiere decir que por cada 4 gramos de BCAA's, 2 gramos serían de leucina, 1 gramo de isoleucina y 1 gramo de valina. Así, los requerimientos medios diarios se sitúan en 40 (LEU), 20 (ISO) y 20 (VAL) mg/kg peso corporal al día, respectivamente, para personas sanas no clasificadas como deportistas.

El papel destacado de la **leucina** se fundamenta teóricamente en ser un potente activador de la ruta mTOR, que luego induce la síntesis de proteínas musculares a través de p70S6K; constituyendo así la principal vía proteica implicada en la hipertrofia muscular [70] (Figura 17).

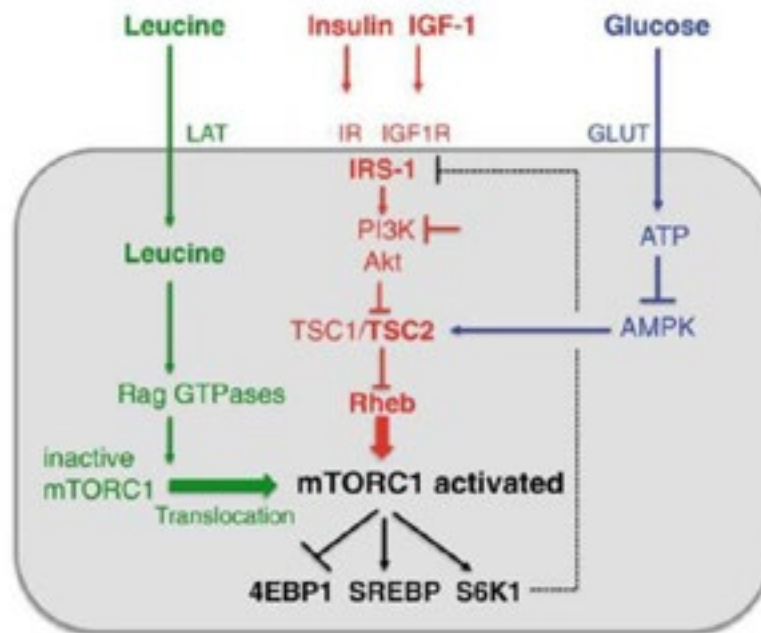


Figura 17: La leucina adquiere el papel de aminoácido ramificado más relevante por ser un potente activador de la ruta mTOR, que luego induce la síntesis de proteínas musculares a través de p70S6K; constituyendo así la principal vía proteica implicada en la hipertrofia muscular (ruta verde).

En lo que a deporte se refiere, los aminoácidos ramificados (BCAA's) cuentan con un respaldo moderado de beneficios en el incremento del rendimiento y aumento de masa muscular, aunque sí se pueden potenciar sus efectos en condiciones de alta carga de entrenamiento, desgaste muscular que requiera una rápida recuperación (ejemplo: varias sesiones de entrenamiento de fuerza o con carácter anaeróbico al día) [69].

Igualmente, parecen mostrarse útiles en la síntesis proteica muscular requerida para deportes de fuerza en proporciones desde 2:1:1 hasta 8:1:1 [69,71]; sin embargo, **habría que atender a si existe una ingesta proteica adecuada, situada al menos en 1.6 g/kg peso corporal al día para conocer si se alcanzan las necesidades óptimas para este tipo de ejercicio** (Figura 18).

En términos generales, la suplementación con aminoácidos ramificados (BCAA's) se reservaría para condiciones muy concretas de **déficit calórico y/o de proteínas, así como para mesociclos o temporadas de muy alta carga de entrenamiento.**

Por otro lado, un efecto poco conocido de su suplementación es que son capaces de disminuir la fatiga a nivel central mediante la reducción de la síntesis de serotonina, neurotransmisor relacionado con síntomas de cansancio y depresión [67]. Su explicación se asocia a la **hipótesis del triptófano**, según la cual la ingesta de BCAA's aumenta sus concentraciones plasmáticas, lo que permite que los niveles cerebrales de triptófano disminuyan y, por lo tanto, la concentración de serotonina en el cerebro se mantenga baja (se retrasa la aparición de la fatiga central).

Se ha visto también que los sujetos poco entrenados notarán sus efectos ergogénicos más que los sujetos más entrenados. En referencia a estos últimos, sí se pueden lle-

gar a notar beneficios a nivel de composición corporal y reducción de la fatiga central en situaciones de déficit calórico como puedan ser deportes de competición por categorías de peso, así como en la propia competición habiéndolos ingerido antes de la prueba (especialmente en resistencia y larga duración) [69].

PROTOCOLO DE USO DE LOS AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS

Ejercicio de fuerza (relaciones aconsejadas = 2:1:1 o 4:1:1)

- Antes del ejercicio: si se toman proteínas de alto valor biológico (suero de leche, huevo), se podrían añadir 2g de BCAA's, aunque no es estrictamente necesario. Si no se toman proteínas, 0.04 g/kg peso corporal = 3 a 4 gramos.
- Durante el ejercicio: 0.03 a 0.05 g/kg peso corporal por cada hora de ejercicio (2-5 g / h ejercicio) + hidratos de carbono y electrolitos + agua.
- Después del ejercicio: 0.04 a 0.1 g/kg peso = 1 a 7 gramos (contando lo que ya tenga la proteína que se ingiera en forma sólida o líquida). En este momento, se ha demostrado que el **añadir glutamina y aminoácidos a un batido de proteína de suero ha demostrado tener un poder anabólico inferior que el ingerir suero + caseína, por lo que, si se usa proteína de suero y caseína posentrenamiento, no resultarían necesarios en este momento.**

Ejercicio de resistencia (relaciones aconsejadas = 2:1:1 o 3:1:1)

- Antes del ejercicio: 0.03 a 0.05 g/kg peso corporal = 2 a 5 gramos.
- Durante el ejercicio: solo en ejercicio prolongado por encima de 75 min 0.03 a 0.05g/kg peso corporal por cada hora de ejercicio (2 a 5 g/h ejercicio) + hidratos de carbono y electrolitos + agua.
- Después del ejercicio: 0.04 a 0.07 g/kg peso = 1 a 5 gramos (contando lo que ya tenga la proteína posentrenamiento, con necesidad de aportar todos los aminoácidos esenciales). Igualmente, si se toma proteína de suero + caseína postentrenamiento, no serían tan necesarios.

Figura 18: Protocolo recomendado en caso de acudir a la suplementación con aminoácidos ramificados (BCAA's) (grado de evidencia moderada).

1.1. Posibles efectos secundarios

El límite superior de aminoácidos ramificados se estableció en 500 mg/kg peso/día (alrededor de 35 g al día para los hombres de peso medio de 70 kg) debido a que niveles más altos causan un aumento de amoníaco en suero sanguíneo y puede afectar a la absorción intestinal de agua [67-69]. Igualmente, su empleo excesivo puede interferir con los neurotransmisores que ayudan a mantener el humor y el estado de ánimo emocional, pues podrían conducir a un descenso en el cerebro de serotonina y dopamina.



MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO

AQUÍ

AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS (BCAA's)

<https://bit.ly/3Aa0c7e>

2. GLUTAMINA

La glutamina (L-glutamina), procedente del ácido glutámico (glutamato), es el aminoácido libre más abundante del organismo, tanto a nivel intracelular como extracelular, representando el 50% del total de los aminoácidos del organismo. En bastante bibliografía se clasifica como un aminoácido no esencial porque puede ser sintetizado por la mayoría de las células del organismo a partir de valina e isoleucina. Sin embargo, debería ser entendido desde el matiz de considerarlo condicionalmente esencial porque en situaciones de alto estrés, la producción endógena no cubre las necesidades y es aconsejable realizar un aporte extrínseco vía suplementación.

Entre otras **funciones en el organismo** directamente relacionadas con el deporte, se le han asociado las siguientes:

- Es la primera forma de eliminación de una sustancia muy tóxica: el amoníaco (especialmente producido durante el ejercicio intenso y prolongado).
- Es el aminoácido empleado por el hígado y el riñón para formar glucosa (gluconeogénesis).
- Es el principal precursor de neurotransmisores cerebrales.
- Desempeña un importante papel en la regulación del equilibrio ácido-base por el riñón.
- Interviene en procesos de antioxidación, por ser precursor del glutatión, que es el más importante regulador del potencial redox celular.
- Está relacionada con la prevención de la resistencia a la insulina en situaciones de estrés, lo que favorece un mejor control de los niveles de insulina y glucosa plasmáticos.

Durante el ejercicio, es cierto que se degradan proteínas musculares y, principalmente, dentro de los aminoácidos, la glutamina por ser el más presente en el tejido muscular. Sin embargo, en condiciones normales, esto no significa que “se esté perdiendo masa muscular”, sino que esa glutamina será enviada a otros tejidos que lo necesitan para poder seguir ejercitándonos sin problema —por ejemplo, el riñón para intentar controlar la acidosis—.

Pese a todas estas funciones básicas en el organismo, **la glutamina no muestra con el respaldo científico suficiente para poder justificar su uso como suplemento deportivo en situaciones normales** [68, 69]. De hecho, frente a la creencia popular de que los entrenamientos de fuerza podrían requerir más la suplementación con glutamina, lo cierto es que normalmente son los ejercicios muy prolongados (más de dos horas de duración) y de resistencia **en los que la ayuda que pueda aportar la suplementación con glutamina es más notoria.**

Cuando la carga de entrenamiento, especialmente el volumen, se incrementa sin seguir un proceso de adaptación progresiva, la disminución de glutamina muscular aparece con síntomas de exceso de entrenamiento asociados. Curiosamente, la glutamina puede servir de manera eficaz como una **ayuda para la recuperación de energía y aumentar la resíntesis de glucógeno después del ejercicio exhaustivo si se proporciona inmediatamente después del ejercicio a una dosis de 0.1 g/kg peso** [72, 73].

Un uso poco extendido, pero que debería adquirir mayor importancia, de la suplementación con glutamina en ejercicios de duración prolongada es el que se realiza con objetivo de prevenir infecciones. Durante este tipo de ejercicio y en la recuperación asociada a este, la inmunosupresión transitoria se ha relacionado con un descenso de la concentración de glutamina muscular [72, 73]. Así, **la suplementación con glutamina sí ha demostrado disminuir el riesgo de sufrir infecciones de las vías respiratorias altas y reducir la permeabilidad intestinal.** La barrera intestinal se ve alterada durante el estrés inmunológico que supone el ejercicio, especialmente aquel dinámico, con impacto, prolongado y de intensidad muy alta; motivo por el cual la permeabilidad intestinal aumenta extraordinariamente, al igual que el riesgo de paso de toxinas (ver Figura 14).

En este tipo de ejercicios, también se ha visto **que la suplementación con glutamina incrementa el tiempo hasta la fatiga en deportistas de resistencia que tienen síntomas de baja hidratación.** Sin embargo, dicho retraso en la fatiga se puede conseguir también con una correcta hidratación, que además es necesaria.

Siguiendo con una de las funciones primarias de la glutamina, la de **intervenir en la gluconeogénesis hepática** (Figura 18), las revisiones [72, 73] también exponen su utilidad, junto con hidratos de carbono, para atletas de resistencia en época de competición y en situación de depleción de glucógeno muscular. No obstante, los resultados son algo equívocos porque la suplementación con solo hidratos de carbono también ha mostrado mejoras parecidas, aunque en este caso se perderían los pocos efectos de vaciar glucógeno muscular.

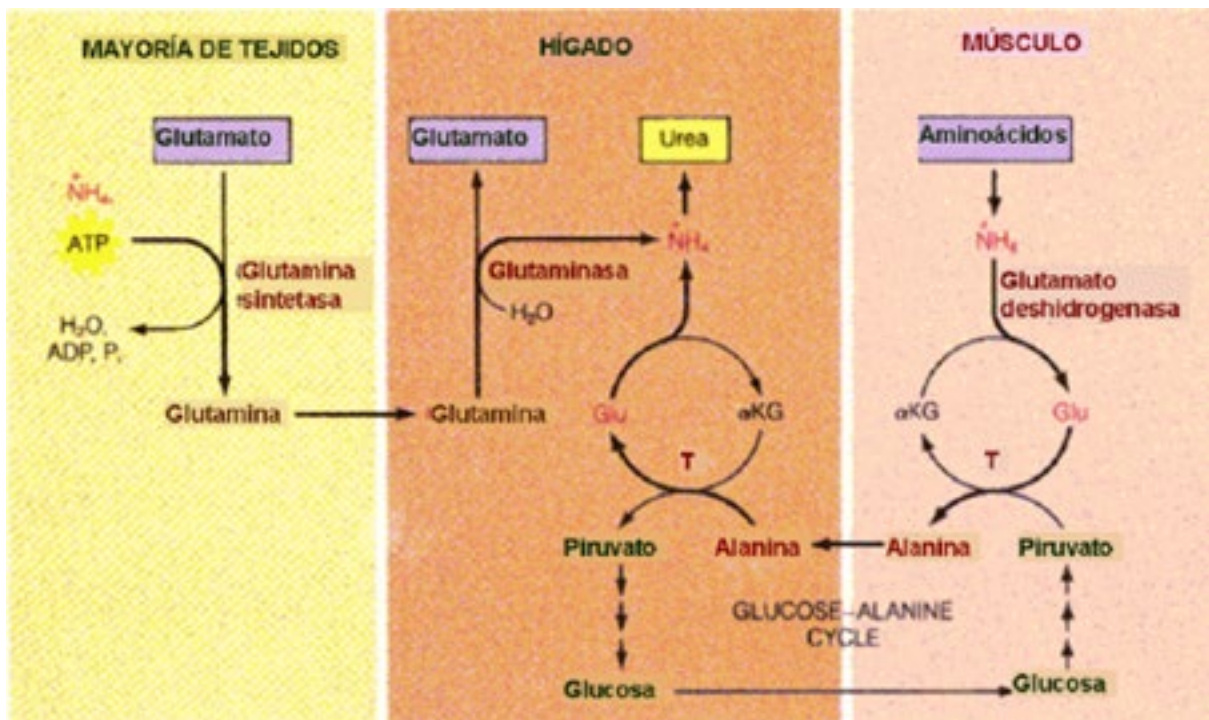


Figura 18. Papel de la glutamina y sus derivados para formar glucosa, que podrá ser utilizada como sustrato energético o almacenarse en forma de glucógeno.

Por tanto, el mayor beneficio asociado a su suplementación se podría obtener en mesociclos competitivos o precompetitivos con mucho estrés, carga de entrenamiento difícilmente asimilable y dietas bajas en proteínas animales (Figura 19). Su uso podría ser recomendable para quienes realizan más de 3 o 4 horas de ejercicio extenuante a la semana y para aquellos que entrenen con niveles de glucógeno bajos, además de para deportistas que tengan molestias gastrointestinales durante el ejercicio, al haberse demostrado su interacción en pro de una mejor permeabilidad intestinal (menos riesgo de infecciones).

La suplementación con glutamina podría ser recomendable para quienes realizan más de 3 o 4 horas de ejercicio extenuante a la semana, para aquellos que entrenen con niveles de glucógeno bajos, y para evitar molestias gastrointestinales durante el ejercicio.

2.1. Fuentes alimenticias de glutamina

En personas omnívoras su suplementación parece tener menor repercusión que en veganos y vegetarianos. Cumpliendo con una ingesta proteica adecuada (1.4–2.0 g/kg peso/día), al ser el aminoácido principal de todo animal, la glutamina se encuentra en grandes cantidades en la mayoría de carnes y productos animales como huevos y lácteos. Además, los suplementos proteicos, tales como suero de leche o caseína, contienen de manera natural un alto porcentaje de glutamina, siendo mayor en la caseína que en el suero.

En productos vegetales y cereales, a pesar de su menor valor biológico, la glutamina es principal constituyente en alimentos como el arroz, el maíz o el tofu. Sin embargo,

veganos y vegetarianos con restricción calórica, sin ser necesaria una alta carga de entrenamiento, pueden necesitar suplementación con glutamina.

PROTOCOLO DE USO DE LA GLUTAMINA

Altas dosis necesarias para notar efectos significativos (contraindicada en problemas renales).

- Dosis de 0.1 g/kg peso corporal en las 2–3 horas después del entrenamiento, en una sola dosis o en dosis divididas cada 30 minutos.
- Como precursor de glucosa, se pueden consumir menores dosis (0.03–0.05 g/kg peso).

Figura 19: Protocolo recomendado en caso de acudir a la suplementación con glutamina (grado de evidencia moderada-baja).

2.2. Posibles efectos secundarios

La cantidad máxima de la que se tiene seguridad a medio plazo sin ningún efecto secundario es de 14 gramos al día en forma de suplemento, pero no hay suficiente evidencia para sugerir que dosis más altas sean perjudiciales o no [69].

Por otro lado, dosis agudas (preentrenamiento) han demostrado que:

- 0.75 g/kg peso corporal han sido implicados en el aumento de los niveles de amoníaco en plasma por encima del límite de seguridad tolerado y problemas gastrointestinales (diarrea).
- 0.5 g/kg peso corporal se asociaron con un aumento en los valores de urea y creatinina que no era considerada clínicamente relevante, pero sí indicaba una disminución transitoria de la tasa de filtración glomerular de los riñones.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

L-GLUTAMINA

<https://bit.ly/3mlpFSd>

3. CITRULINA

La citrulina es un aminoácido no esencial **sintetizado a partir del reciclado del aminoácido arginina** o producida a partir del nitrógeno contenido en L-glutamina. Tiene función intermediaria en la síntesis de la arginina (riñones) y forma parte del ciclo de la urea junto con la arginina y ornitina, aumentando la urea [74] y disminuyendo el amoníaco.

Dada la importancia de este ciclo en la producción de energía y la eliminación de desechos que podrían asociarse a la práctica de ejercicio, se ha recomendado su uso en determinadas situaciones. Quizás una de las más importantes evidencias que podrían justificar su uso es la encontrada en una investigación [75] en la que la suplementación de **6 gramos diarios de citrulina malato durante 15 días permitió obtener una reducción significativa de la fatiga (previamente diagnosticada como crónica), un aumento de más del 30% de la producción de ATP oxidativo durante el ejercicio y el incremento del 20% en la tasa de fosfocreatina después del ejercicio**. También se produjo una mejor recuperación después del entrenamiento.

Sin embargo, algunas de las revisiones más importantes sobre efectos de los suplementos deportivos en el incremento del rendimiento advierten que para acudir a ella como suplementación deportiva deberían evaluarse los casos particulares y ser bastante excepcionales [4, 76, 77] (Figura 20). Asimismo, parece que actúa sinérgicamente con suplementos como la ornitina y la arginina, mejorando los resultados en comparación con cada uno de ellos de manera única.

PROTOCOLO DE USO DE LA CITRULINA

Casos particulares con muy alta carga de entrenamiento o fatiga crónica

- Dosis de 0.04 a 0.6 g/kg peso corporal repartidas en 2 ingestas a lo largo del día, una de ellas preferentemente en la hora previa al entrenamiento.

Figura 20: Protocolo recomendado en caso de acudir a la suplementación con citrulina (grado de evidencia moderada).



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

CITRULINA

<https://bit.ly/3L8Qlzy>

4. ANTIOXIDANTES

El ejercicio físico provoca un aumento en la producción de radicales libres, contribuyendo a la fatiga muscular. Estos radicales libres inducidos por el ejercicio pueden llegar a ser beneficiosos, pues de ahí surgen muchas de las adaptaciones positivas al ejercicio. Sin embargo, altas concentraciones de radicales libres o su abundancia durante periodos de tiempo prolongados pueden arrojar resultados adversos.

Un **radical libre** podría definirse como una molécula que contiene uno o más electrones no apareados en su órbita externa [78]. Estos electrones no emparejados son muy reactivos y promueven daño oxidativo a componentes celulares, lo que se conoce comúnmente como **estrés oxidativo**, pudiendo llegar a provocar una disfunción celular e incluso muerte celular. Realmente, el estrés oxidativo suprafisiológico puede suponer problemas para la salud (Figura 21).



Figura 21. Problemas de salud asociados al estrés oxidativo.

Sin embargo, las células contienen un sistema de antioxidantes endógenos, y los antioxidantes ingeridos en la dieta contribuyen y cooperan con estos para proteger al organismo. Por ello, debido a su supuesta y teórica eficacia para reducir el estrés oxidativo, junto a la evidencia de que los radicales libres promueven la fatiga muscular durante el ejercicio prolongado, se ha pensado que la suplementación con antioxidantes aumentará la capacidad de la fibra muscular para eliminar las especies reactivas de oxígeno y proteger contra el daño oxidativo inducido por el ejercicio.

Hoy día, el argumento a favor que más fuerza cobra con respecto a la suplementación surge en casos en los que se presenten deficiencias en el consumo de antioxidantes a través de la dieta [79]. Es en estos casos, tras previa valoración, se deberá pautar una dosis individualizada y personalizada para contrarrestar dicha carencia. Por otro lado, aunque suene contradictorio, **la mayoría de estudios actuales no apoyan el consumo de antioxidantes en personas deportistas.**

Dosis elevadas de antioxidantes producen una disminución de los efectos beneficiosos inducidos por el entrenamiento, interfiriendo en diferentes procesos fisiológicos mediados por ROS (especies reactivas de oxígeno) y RNS (especies reactivas del nitrógeno) como la vasodilatación [79-82].

La mayoría de estudios actuales no apoyan el consumo de antioxidantes en personas deportistas. Dosis elevadas de antioxidantes **producen una disminución de los efectos beneficiosos inducidos por el entrenamiento**, interfiriendo en diferentes procesos fisiológicos mediados por ROS (especies reactivas de oxígeno) y RNS (especies reactivas del nitrógeno).

En lugar de acudir a la suplementación con antioxidantes y multivitamínicos, es más recomendable conformar una dieta que permita obtener la mayor cantidad de micronutrientes (vitaminas y minerales) a través de determinados alimentos como frutas, vegetales y derivados de estos [4, 79] (Figura 22). En concreto, aquellos que presentan mayor evidencia parecen ser los zumos de cereza ácida, granada, remolacha y sandía, pero no habría que limitarse únicamente a estos.

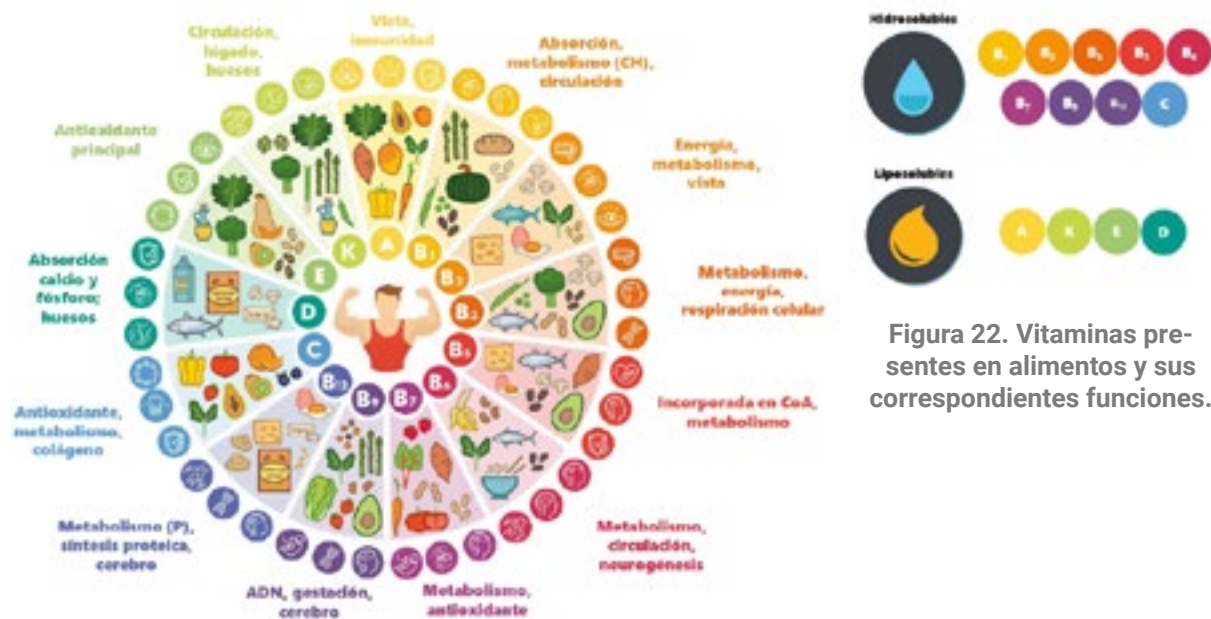


Figura 22. Vitaminas presentes en alimentos y sus correspondientes funciones.



MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO

AQUÍ

ANTIOXIDANTES

<https://bit.ly/41wasSU>

5. ARGININA

Todos los suplementos relacionados **con la vía del óxido nítrico (ON)**, un importante compuesto bioactivo del cuerpo humano que se relaciona con múltiples funciones fisiológicas y metabólicas, han generado siempre mucho interés. Esto es lógico ya que los efectos de dicha vía se han relacionado con **posibles efectos beneficiosos con el rendimiento deportivo y relacionados, en gran medida, con la vasodilatación**. Entre ellos [83]:

- Regulación del flujo sanguíneo y del volumen de oxígeno, mostrando una mejora en la cinética de este y, por lo tanto, de las sigue economía de carrera.
- Un posible aumento de la biogénesis y respiración mitocondrial.
- Una más eficiente entrada de glucosa al músculo y, posiblemente también, una mejora de su absorción.
- Optimización de la contracción y relajación muscular que parece ser específico de las fibras tipo II.

Todos estos efectos se han relacionado con dicha vía endógena del cuerpo humano que, según recientes estudios hipotetizan, parece poseer incluso pequeños almacenes que regulen su efecto. A su vez, este proceso, parece estimularse con distintos suplementos exógenos relacionados, generalmente precursores del óxido nítrico.

Entre todos ellos, encontramos la **arginina**, un aminoácido no esencial que se sintetiza en el intestino delgado de distintos aminoácidos prolina, glutamato y glutamina que obtenemos de la proteína dietética. Este aminoácido participa directamente en la **síntesis y en la biodisponibilidad del óxido nítrico**.

Pues bien, teniendo todo esto en cuenta, **a la arginina se le han atribuido distintos efectos ergogénicos relacionados tanto con el rendimiento de larga duración, como con el rendimiento de corta pero elevada intensidad** [83].

- Mejora significativa del rendimiento en esfuerzos superiores o iguales al VO_2 máx. Aunque con un efecto pequeño, debido a las condiciones estadísticas, la suplementación con Arginina mostró una mejora en el rendimiento deportivo.
- Mejora significativa, también, en el rendimiento de menor intensidad y mayor duración ($< VO_2$ máx.).

Todo ello sugiere, lógicamente, que los efectos de la arginina son distintos en función de las variables fisiológicas predominantes de cada ejercicio físico (Figura 23). Si bien el protocolo agudo parece ofrecer resultados parecidos en intensidades superiores e iguales al VO_2 máx. y en intensidades inferiores al mismo, **cuando se trata de protocolos crónicos parece ser necesaria una ingesta muy superior para generar efectos beneficiosos** en deportes de mayor intensidad.

PROTOCOLO DE USO DE LA ARGININA

Mejora del rendimiento en intensidades \geq VO₂ máx.

- Antes de entrenar. 60 a 90 minutos antes del entrenamiento, a razón de 0.15 g / kg peso (aproximadamente 10–11 gramos). Todos los días durante 9 o 10 semanas.

Mejora del rendimiento en intensidades $<$ VO₂ máx.

- Opción 1. Solo los días de entrenamiento. 60 a 90 minutos antes del entrenamiento, a razón de 0.15 g/kg peso (aproximadamente 10–11 gramos).
- Opción 2. Ingesta de forma crónica, todos los días, incluyendo los de descanso, a razón de 1.5–2.0 g/día durante 4–7 semanas.

Figura 23: Protocolo recomendado en caso de acudir a la suplementación con arginina (grado de evidencia moderada–baja).

La suplementación con arginina, tanto de forma aguda, como crónica, muestra efectos beneficiosos en el rendimiento de deportes que implican intensidades superiores e iguales a la potencia aeróbica máxima y de aquellos en los que se compite a una menor intensidad a la misma. No obstante, queda mucho por estudiar sobre el efecto de dicho suplemento, sobre todo cuando se ingiere en conjunto a otros precursores de la vía del óxido nítrico, en el rendimiento deportivo.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

ARGININA

<https://bit.ly/3LahzeK>

6. ASHWAGANDHA

La **ashwagandha** es un compuesto que se está haciendo bastante popular sobre todo en los últimos años. Es un **adaptógeno** que se suele recomendar para periodos de estrés o ansiedad. Aunque es antiquísima, últimamente se está investigando su relación con el **rendimiento deportivo**. De momento no hay muchos estudios publicados, por lo que nos tenemos que basar en hipótesis, lo que hace que su nivel de evidencia sea bajo [4, 5].

La ashwagandha ha mostrado tener efecto sobre el sistema GABAérgico, lo que podría mejorar los síntomas de ciertos desordenes relacionados con ansiedad, privación del sueño o espasmos musculares. De hecho, es uno de los adaptógenos mejor valorados como ansiolítico, teniendo un impacto beneficioso en algunos marcadores relacionados con el estrés, como puede ser la función adrenal, niveles de lactato o ratio desequilibrado cortisol–testosterona [84-86].

Es importante dejar claro que la manera en la que la ashwagandha puede ayudar, sobre todo, es **paliando los efectos secundarios derivados de un estado de estrés o ansiedad crónicos**. Es decir, aliviar en cierta manera esos efectos negativos que nos va a producir esa ansiedad y ese estrés crónico. No es tanto que prevenga el estrés o la ansiedad como tal, ya que no es ansiolítico, sino que nos ayuda a sobrellevarlo mejor.

Por otro lado, también puede actuar sobre vías antioxidantes parecido a la melatonina, favoreciendo un mejor entorno celular, ya que reduce la producción de radicales libres e incrementa el potencial antioxidante [86].

6.1. Ashwagandha en el rendimiento deportivo

Recientemente, la revisión con metanálisis más completa hasta la fecha sobre los efectos de la ashwagandha en el rendimiento deportivo [86], concretamente en su capacidad para mejorar la fuerza, potencia, aptitud cardiorrespiratoria y recuperación, ha revelado que **la ashwagandha es más eficaz que el placebo para mejorar el rendimiento físico** (Figura 24):

- La suplementación con ashwagandha (entre 240 y 600 mg diarios) podría mejorar las variables relacionadas con la **fuerza y la potencia** en individuos sanos no entrenados y que no participan con frecuencia en programas de entrenamiento. Si nos fijamos en sujetos entrenados en fuerza, solo un estudio [87] ha demostrado que las adaptaciones del ejercicio al entrenamiento de resistencia pueden aumentar después de doce semanas de suplementación con ashwagandha (500 mg una vez al día).
- Con respecto a la **aptitud cardiorrespiratoria**, también se ha informado que la suplementación con ashwagandha aumenta significativamente el VO₂ máx. y la concentración de hemoglobina en sangre tras 8–16 semanas con una dosis de suplementación diaria de 330 a 1000 mg. Parece ser que cuanto mayor sea la dosis, mejores serán los resultados y más necesaria será para los atletas y las personas entrenadas, pero aún se necesitan más investigaciones.
- Finalmente, se ha demostrado que el consumo de 120 a 1000 mg de ashwagandha por día **reduce la fatiga y optimiza la recuperación** en individuos sanos. Los

estudios seleccionados por el metanálisis al que estamos haciendo referencia [86] mostraron mejoras en la calidad de vida, menor fatiga muscular (aumentando ambos tiempos hasta el agotamiento y la recuperación percibida), menor dolor muscular, mayor recuperación a través del sueño (mejor calidad general del sueño) y reducción de los niveles de estrés (reducciones considerables en los niveles de cortisol).

Los autores anticipan que en las observaciones futuras es muy probable que la ashwagandha resulte importante para la reducción de la fatiga y la mejora de la recuperación.

Potentes efectos **ansiolíticos** en el contexto del estrés crónico y el trastorno de ansiedad, con menor potencia en las formas estándar de ansiedad no relacionadas con el estrés.

La disminución en el **cortisol** observada en humanos ha alcanzado 14.5 – 27.9% en humanos sanos pero estresados, significativamente mayor que muchos otros suplementos.

La **testosterona** puede aumentar en hombres infértiles (que tienen una reducción en la testosterona) y en entrenamiento de fuerza, pero actualmente no hay evidencia de ello en hombres normales.

Mejoras en la **producción de potencia** en personas entrenadas en velocidad y en personas sedentarias que simplemente tomaron el suplemento, así como en personas con poca experiencia en entrenamiento de fuerza.

Disminución del colesterol total un 10% cuando se toma extracto (300 – 500 mg al día), independientemente de si se tiene colesterol alto o no.

Evidencia baja

Dosis diaria:

- **Extracto: 300 – 500 mg / día**
- **Polvo: 4 g día con agua**

Figura 24. Efectos de la ashwagandha sobre la salud y el rendimiento deportivo. Dosis recomendada.

MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO AQUÍ

ASHWAGANDHA

<https://bit.ly/3MTppKS>

7. L-CARNITINA

La L-carnitina es una molécula de pequeño tamaño soluble en agua (importante), cuya síntesis endógena se da principalmente en el hígado. De ahí, será distribuida a todos los tejidos, siendo particularmente abundante en el músculo (95% del total), donde va a realizar prioritariamente su función.

El proceso fisiológico por el que funciona es extenso, pero resumiéndolo de forma sencilla y concisa, se puede decir que la idea globalizada de que la L-carnitina es un

“quemagrasas” se deriva de que las moléculas largas de ácidos grasos no se difunden con facilidad a través de la membrana mitocondrial. Para ayudar a esta difusión, la **L-carnitina se une al ácido graso “haciéndolo más soluble”**, permitiendo su paso al interior de la mitocondria, donde el ácido graso se oxidará para generar energía.

Inicialmente el ácido graso tiene que ser activado, gracias a la acción de una enzima que es la CPT-1 (carnitina palmitotransferasa 1), que transforma el ácido graso en una nueva molécula (acyl-carnitina). Esta nueva molécula puede ser reconocida por el CAT-1, permitiendo el paso de esta molécula hacia dentro de la mitocondria. Una vez dentro, para poder “soltar” el ácido graso y que este pueda ser oxidado, esta molécula acyl-carnitina es reconocida por el CAT-2 que libera la carnitina para que pueda pasar de nuevo al exterior de la mitocondria y reclutar más ácidos grasos (Figura 25).

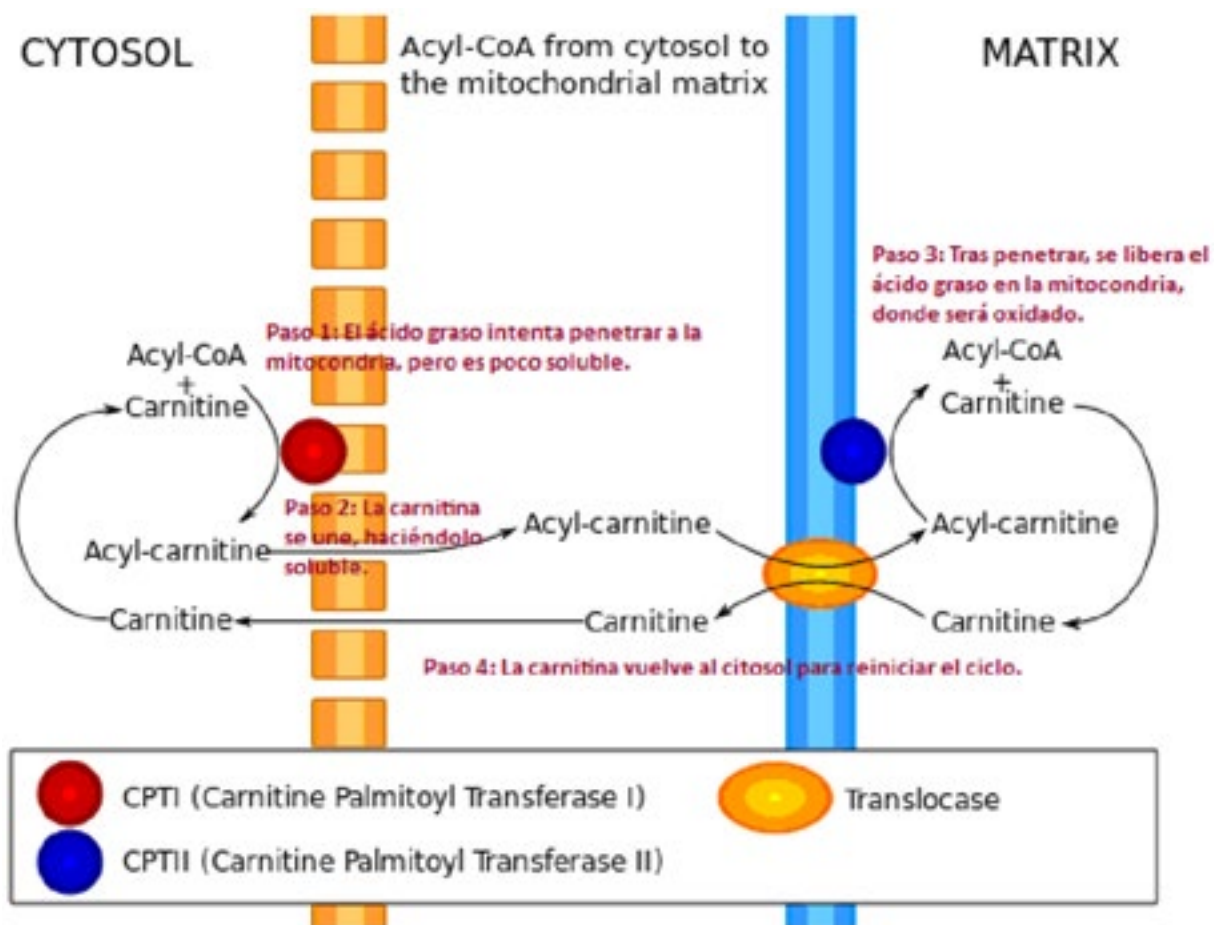


Figura 25: Mecanismo de transporte de AG a la mitocondria. Vemos como para poder entrar, los AG tienen que unirse a la molécula de carnitina para poder ser reconocidos por CAT-1. Una vez dentro el CAT-2 libera el AG para que este pueda ser oxidado.

Las principales fuentes de carnitina son la **carne y los productos lácteos (3 a 100 mg/100 g alimento)**, por lo que, para los no veganos ni vegetarianos (< 1 mg/100 g alimento), una dieta equilibrada y la capacidad de síntesis de carnitina del organismo es lo suficientemente alta como para que pueda cumplir todas sus funciones fisiológicas. Veremos más adelante las particularidades para los veganos y vegetarianos.

7.1. Efectos generales de su suplementación

Pese a lo explicado en el apartado anterior, las marcas de suplementos vieron en el sedentarismo y la necesidad consecuente de perder peso una oportunidad su venta como quemagrasas.

En general, la suplementación con L-carnitina produce un aumento de las enzimas de la cadena respiratoria en las mitocondrias. Esto podría hacernos pensar que cuanto mayor sea la dosis de L-carnitina, mayor serían los ácidos grasos oxidados y más grasa se perdería, pero la evidencia científica concluye que no es así.

Perder grasa y quemar grasa no es lo mismo. Para perder grasa es necesario establecer un **déficit calórico total**, sin embargo, quemar grasa hace referencia a la **energía procedente de los ácidos grasos** que se utiliza durante una actividad.

Así, alguien puede perder grasa (déficit calórico) sin necesidad de tener una excepcional quema de grasas durante el ejercicio. De igual forma, alguien que tenga un alto porcentaje de energía procedente de ácidos grasos durante su actividad, no necesariamente perderá grasa (balance calórico total).

Para deportes principalmente aeróbicos, prolongados y de resistencia. Perder grasa

Está demostrado que la suplementación crónica (continuada) ni aumenta la concentración en músculo ni mejora la oxidación de los ácidos grasos de manera significativa durante el ejercicio y el consiguiente ahorro de glucógeno en deportistas bien entrenados aeróbicamente [4, 88]. **Sí es probable que en deportistas amateurs y en sedentarios, se mejore el consumo de oxígeno (VO₂) a intensidades entre 65–80 % de la frecuencia cardíaca máxima** después de la suplementación con L-carnitina de forma crónica, lo que demuestra en parte una mejora de la oxidación de ácidos grasos durante el ejercicio.

En cuanto a la suplementación aguda (una dosis única antes de competición) **no hay evidencias** de que la toma de L-carnitina aumente sus niveles durante el ejercicio ni en reposo y, por lo tanto, tampoco de su efecto ergogénico.

Las razones a estos dudosos efectos se pueden fundamentar en gran medida en que la suplementación por vía oral de L-carnitina tiene una **pobre biodisponibilidad** (15 %), por lo que es probable que se tardara alrededor de 3–4 meses en aumentar el contenido muscular de carnitina un 10 %, lo que en términos de oxidación de grasas es prácticamente insignificante.

Todos estos efectos se han descrito en estudios en los que la dieta se mantenía igual o se disminuían las kcal. Sin embargo, para este tipo de ejercicio, podría resultar interesante utilizar L-carnitina si se aumenta bastante la ingesta de grasas en la dieta durante un mesociclo (+30 % grasa habitual). Por tanto, aunque no se ha estudiado de manera directa, parecería acertado establecer la hipótesis de que, en dietas cetogéni-

caso de *low carb*, al haber más ácidos grasos disponibles en sangre, la L-carnitina mejoraría su transporte para posterior oxidación como sustrato energético. Obviamente, estamos hablando en este caso en términos de beneficios en el rendimiento aeróbico, no de la composición corporal.

En términos generales, la L-carnitina como suplemento de apoyo en deportes de carácter aeróbico muestra una **evidencia baja salvo casos contados**. En toma aguda no tiene efecto alguno, sin embargo, su toma de forma crónica (más de 3 meses de ingesta diaria) podría beneficiar a:

- *Amateurs* y sedentarios a intensidades altas (65–80 % FC máx.)
- Deportistas de todo nivel que sigan una dieta bajo en hidratos y alta en grasas.
- Estados de ayuno intermitente.

La fuerza de esta afirmación es bastante débil.

Deportes principalmente anaeróbicos y de fuerza. Ganar masa muscular

Aunque no se asocia L-carnitina al ejercicio con pesas o de mayor carácter anaeróbico, está algo apoyada científicamente que su uso crónico facilita moderadamente la utilización de glucosa (vía oxidación de piruvato) durante este tipo de ejercicios de alta intensidad [4, 88]. Esto reduciría la producción de ácido láctico durante el ejercicio y mejoraría el rendimiento en ejercicios cortos de intensidades máximas.

Por su efecto sobre las enzimas de la cadena respiratoria previene el daño celular generado por los agentes oxidantes. Así, habría reducción de fatiga general, agujetas (DOMS) y mejora del rango de movimiento (ROM) consecuente. Este mecanismo podría explicar también el volumen de trabajo mayor observado en los estudios (no mejora intensidad).

Por tanto, en **mesociclos de acumulación o épocas de hipertrofia con alto volumen** (series gigantes, por ejemplo), sí resulta beneficioso su suplementación como agente antioxidante.

De igual forma, la L-carnitina muestra una **evidencia baja** en la mejora del rendimiento de alta intensidad o de carácter anaeróbico. Sin embargo, casos particulares como deportistas que incluyan etapas de **alta intensidad y alto volumen podrían verse un poco beneficiados** de su suplementación crónica en la reducción de la fatiga durante y después del entrenamiento.

7.2. Caso particular. Veganos y vegetarianos

La principal fuente de alimento de la carnitina es la carne; por el contrario, los vegetales y los granos son fuentes pobres de este componente. Debido a ello, los veganos y vegetarianos estrictos ingieren alrededor de 100 veces menos en la dieta y, en estos casos, podría ser algo más eficaz su suplementación (Tabla 7).

ALIMENTO	CONTENIDO MEDIO DE CARNITINA POR 100 G ALIMENTO
Carne de ternera	95 mg
Carne de cerdo	30 mg
Bacon	23 mg
Tempeh	19 mg
Bacalao	6 mg
Pechuga de pollo	4 mg
Queso cheddar	3.7 mg
Nata	3.7 mg
Queso cottage	1.1 mg
Pan de trigo integral	0.36 mg
Espárragos	0.2 mg
Pan blanco de trigo	0.147 mg
Pasta alimenticia	0.126 mg
Mantequilla cacahuete	0.083 mg
Arroz	< 0.05 mg
Huevo	< 0.05 mg

Tabla 7: Contenido de carnitina en alimentos.

7.3. Protocolo de uso y tipos

L-carnitina

Es la forma más común y estudiada de los suplementos de carnitina. Como hemos comentado, su biodisponibilidad es baja y la absorción es limitada. Por ello, en caso de suplementarnos con ella, la dosis más “eficaz” (dentro de su gran limitación) sería de **15–20 mg/kg/día tomados junto con alimentos que eleven la insulina.**

Recordemos que no es necesaria su administración justo antes del entrenamiento, puesto que no hay evidencias de que la toma de L-carnitina aumente sus niveles durante el ejercicio. Por esto, podría tomarse principalmente en tres momentos:

- Junto con comida preentrenamiento (no necesaria, pero sí puede ser opcional).
- Junto con batido posentrenamiento.
- 20 min después de cualquier comida.

Acetil-L-carnitina (ALCAR)

Principalmente atiende a efectos neurológicos, y parece tener algunas propiedades únicas que no se asocian a la L-carnitina. De hecho, algunas investigaciones sugieren que el empleo de **ALCAR favorece la alerta mental y la concentración**, algo que podría ayudar en deportes que precisen de este grado de mentalización.

Es importante subrayar el hecho de que hasta ahora la mayoría de estudios con esta sustancia se han llevado a cabo por su capacidad en la **restauración y protección contra la degeneración neurológica**. Se ha asociado también su mejora en la producción de testosterona endógena, pero las diferencias no son significativas como para poder apoyarlo.

Su suplementación no requeriría necesariamente la ingesta de alimentos que eleven la insulina. La dosis habitual se establecería en **10 mg/kg/día**, tomados antes del entrenamiento.

L-carnitina L-tartrato (LCLT) y Glicina propionil-L-carnitina (GPLC)

Son otras dos formas de L-carnitina que han salido al mercado porque, al parecer, cuanto más complejo sea el nombre, mayor efecto ergogénico parece atribuírsele al suplemento. Sus efectos han sido poco estudiados y parecen ser semejantes a los obtenidos con L-carnitina, más allá de la mejora en su absorción o biodisponibilidad.

Su suplementación no requeriría necesariamente la ingesta de alimentos que eleven la insulina. La dosis habitual se establecería en **10 mg/kg/día**, tomados antes del entrenamiento.

La L-carnitina podría favorecer un liviano incremento del VO_2 máx. añadido al que se experimentaría de la sola suplementación con cafeína. En el rendimiento deportivo no tiene mucho sentido hablar de su interacción con más suplementos ya que, como hemos venido diciendo, **en condiciones normales, la evidencia no apoya los efectos ergogénicos atribuidos a la L-carnitina**.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

L-CARNITINA

<https://bit.ly/40cplnb>

8. P-SINEFRINA

La p-sinefrina es el principal fitoquímico que se encuentra en la naranja amarga (*Citrus aurantium*). Esta sustancia se incluye ampliamente en los suplementos dietéticos para la pérdida de peso/reducción de la grasa corporal debido a sus posibles beneficios de aumentar la oxidación de las grasas.

Durante años, los suplementos dietéticos que contienen p-sinefrina se han comercializado sin el conocimiento adecuado de su verdadera eficacia para mejorar la utilización de grasas, especialmente cuando se combinan con ejercicio. Sin embargo, **en los últimos años se han realizado investigaciones y revisiones de sus efectos sobre la oxidación de grasas y el rendimiento durante el ejercicio.**

La sinefrina es un agonista adrenérgico inespecífico, que puede existir en tres isómeros posicionales diferentes (orto o -, para p - y meta m -) [89]. La m-sinefrina y la o-sinefrina no se encuentran de forma natural en el *Citrus aurantium* y no están presentes habitualmente en los extractos de plantas.

- La isoforma m, también denominada fenilefrina, se considera el agonista adrenérgico de sinefrina más potente en los receptores adrenérgicos α_1 , en comparación con los otros isómeros posicionales [90].
- La o-sinefrina, por su parte, no tiene ningún efecto farmacológico en humanos y no se ha encontrado en suplementos dietéticos [91].

Las sutiles diferencias estructurales y estereoquímicas de la p-sinefrina y la m-sinefrina dan como resultado diferentes características de unión al receptor adrenérgico que conducen, asimismo, a diferencias relevantes. Específicamente, la ausencia de unión al receptor adrenérgico de la p-sinefrina proporciona la explicación de la **ausencia de efectos cardiovasculares dañinos** en comparación con la m-sinefrina, que sí se asocia con ellos, motivo por el cual está prohibida por la Agencia Mundial Antidopaje desde hace años [92].

Los supuestos efectos de la p-sinefrina para mejorar la termogénesis y la oxidación de las grasas en reposo y durante el ejercicio se basaron en su similitud estructural con los neurotransmisores de amina endógenos como la epinefrina y la norepinefrina [91]. Debido a esta estructura, **la p-sinefrina tiene la capacidad de unirse a los receptores adrenérgicos β_3** [93].

Los receptores adrenérgicos β_3 se expresan en el tejido adiposo humano y en el músculo esquelético, y desempeñan un papel en la regulación del equilibrio energético y la homeostasis de la glucosa y las grasas (Figura 26). De esta manera, la p-sinefrina puede aumentar la tasa metabólica en reposo y el gasto energético, aunque la mayor parte de esta evidencia en humanos se ha encontrado cuando se utilizan suplementos dietéticos que contienen p-sinefrina además de otros ingredientes como la cafeína [94].

La activación de los receptores β_3 inducida por la p-sinefrina puede ser clave para mejorar la utilización de las grasas del tejido adiposo, siendo demandadas por el músculo esquelético donde, en situaciones de ejercicio, se puede usar para proporcionar energía para la contracción.

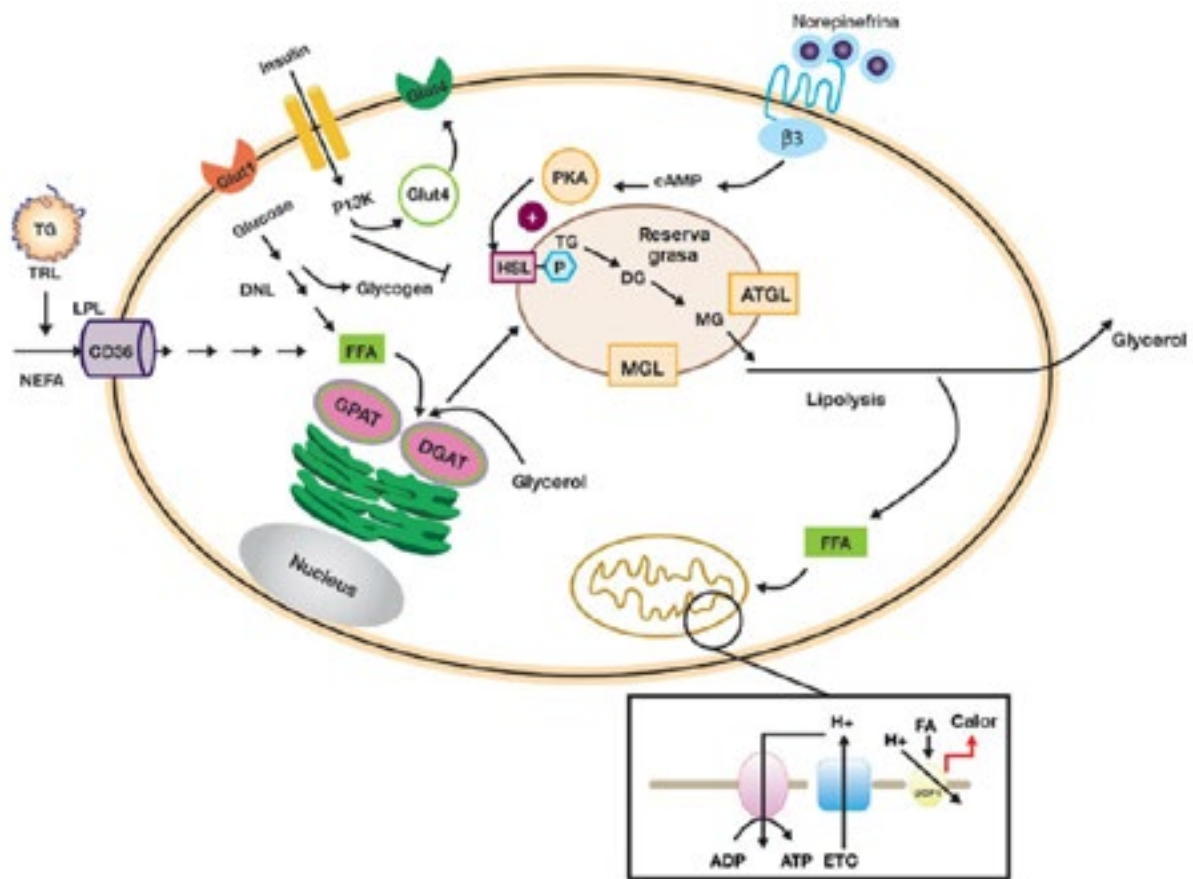


Figura 26. La p-sinefrina tiene afinidad para unirse a los receptores adrenérgicos β_3 que se encuentran principalmente en el tejido adiposo. De esta manera, se favorece la lipólisis.

Por otro lado, la p-sinefrina tiene una baja afinidad de unión por los receptores α , β_1 y β_2 (miles de veces menor que en el caso de la noradrenalina), lo que apoya la ausencia de efectos secundarios cardiovasculares y hemodinámicos derivados de la ingestión aguda y crónica de la p-sinefrina [95].

Además, la p-sinefrina puede estimular receptores específicos en el cerebro, concretamente el neuromedina U2 (NMU2R), que es prominente en las regiones hipotálamicas y se sabe que está asociado con la regulación de varias funciones fisiológicas importantes, incluida la ingesta de alimentos, el equilibrio energético, la respuesta al estrés y la nocicepción. **La sinergia entre la activación del receptor adrenérgico β_3 y NMU2R puede contribuir a la actividad lipolítica de la p-sinefrina**, y así ayudar en la regulación de la ingesta de alimentos y la homeostasis energética [95].

En cuanto al rendimiento deportivo, la similitud estructural de la p-sinefrina con los neurotransmisores de amina endógenos fue la base para la hipótesis de que esta sustancia puede aumentar el rendimiento en el ejercicio mediante una mayor estimulación del sistema nervioso simpático. Sin embargo, como acabamos de ver, las características de este alcaloide son diferentes a otras aminas endógenas similares debido a la baja unión a los receptores adrenérgicos α , β_1 y β_2 . Probablemente esta sea una de las razones por la que los resultados de las investigaciones realizadas para probar su efecto sobre el rendimiento sean contradictorios:

- La ingesta aguda de p-sinefrina, a razón de 3 mg/kg de masa corporal, no cambió el rendimiento de carrera durante las carreras de velocidad de 60 m y 100 m y no afectó la capacidad de salto único y repetido de los velocistas en comparación con una placebo [96].
- Además, la ingestión de la misma dosis de p-sinefrina no aumentó la potencia pico ni el consumo máximo de oxígeno (VO₂ máx.) obtenido durante una prueba de ejercicio con pendiente positiva en ciclistas de élite [97].
- La única evidencia que demuestra un aumento en el rendimiento con p-sinefrina es un estudio que informa una mayor capacidad para realizar repeticiones de sentadillas durante seis series de ejercicio con una carga equivalente al 80% del máximo de una repetición de los participantes [98]. En este último experimento, se ingirió p-sinefrina en una dosis de ~ 1 mg / kg de masa corporal durante tres días antes del protocolo de ejercicios de resistencia, junto con cafeína.

Aunque la Agencia Mundial Antidopaje tiene a la p-sinefrina en el punto de mira desde hace años por su potencial efecto para mejorar el rendimiento deportivo, lo cierto es que **se requieren más investigaciones para determinar claramente la capacidad ergogénica de la p-sinefrina**. De esta manera, se ayudará a las autoridades antidopaje a decidir si la sustancia debe incluirse en la lista de sustancias prohibidas o no.

Por otro lado, la ingesta aguda de p-sinefrina, en una dosis de 2 a 3 mg/kg de masa corporal, sí ha resultado **eficaz para mejorar la tasa de oxidación de grasas durante el ejercicio incremental y continuo**. Este efecto se ha observado en un rango de cargas de trabajo de ejercicio entre el 30 % y el 80 % del consumo máximo de oxígeno (VO₂ pico) (Figura 27) [99, 100].

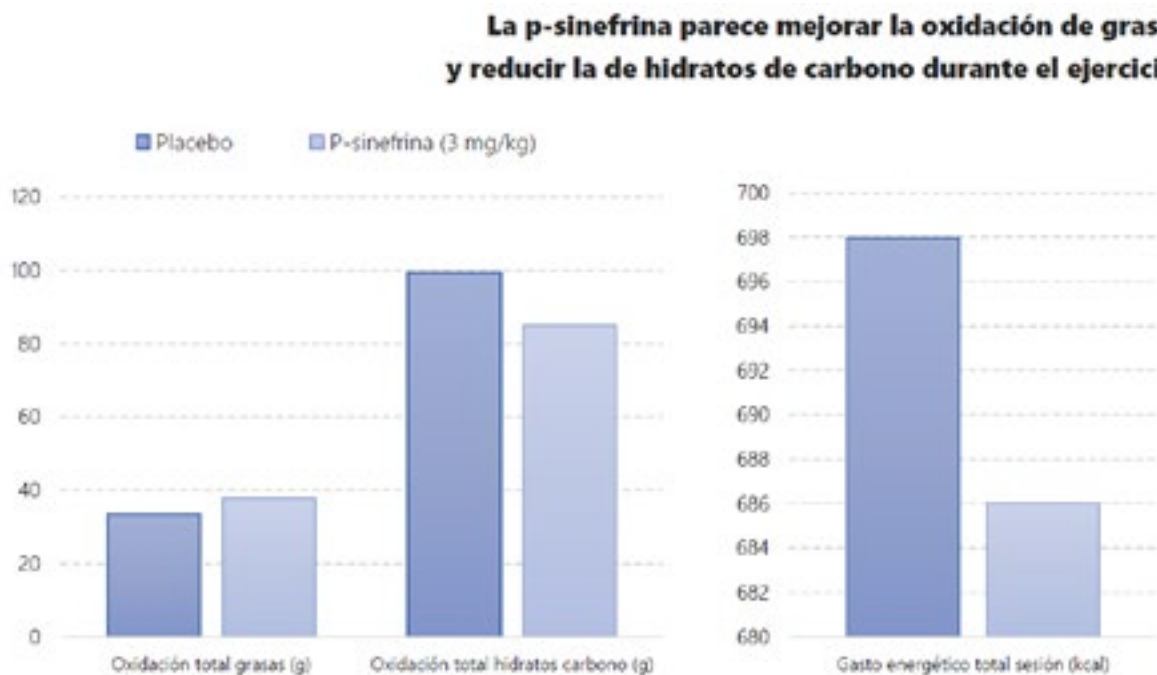


Figura 27. Tasa de oxidación de grasa mejorada con la suplementación de p-sinefrina frente a placebo [100].

Como vemos, la p-sinefrina tiene la capacidad de aumentar la tasa máxima de oxidación de grasas durante el ejercicio de intensidad creciente sin afectar la carga de trabajo a la que se obtiene la oxidación máxima de grasas. Este efecto de la p-sinefrina sobre la oxidación de grasas además suele ir acompañado de una reducción concomitante de la utilización de hidratos de carbono durante el ejercicio, **sin modificar la energía gastada durante el ejercicio**.

Además, este cambio en la oxidación del sustrato se obtiene sin ningún efecto sobre la frecuencia cardíaca durante el ejercicio y sin prevalencia de efectos adversos, por lo que el uso agudo de p-sinefrina podría ofrecer algunos beneficios para aquellas personas que buscan una mayor utilización de grasas durante el ejercicio a intensidades bajas a moderadas (Figura 28).

En cualquier caso, este efecto ergogénico de la p-sinefrina estaría asociado a **ejercicios o deportes realizados de larga duración y realizados a intensidad baja o moderada**, ya que este es el rango de intensidades de ejercicio en el que la p-sinefrina ejerce el desplazamiento en los sustratos oxidados durante ejercicio.

A pesar de su potencial para mejorar la oxidación de grasas durante el ejercicio y en reposo, aún se necesitan más investigaciones para determinar la utilidad de esta sustancia junto con los programas de ejercicio para producir una pérdida de grasa corporal efectiva a medio y largo plazo.

PROTOCOLO DE USO DE LA P-SINEFRINA

Mejora de la oxidación de grasa en actividad de intensidad baja-moderada

- Antes de entrenar. Preferiblemente antes de ejercicio cardiovascular y en ayunas. 30 a 60 minutos antes del entrenamiento, a razón de 2–3 mg/kg peso. Empezar por dosis bajas (2 mg/kg peso) e ir aumentando si hay buena tolerancia (3 mg/kg peso).

En caso de doble sesión de entrenamiento

- Vida media p-sinefrina: 2–3 horas. Si se separan las sesiones de entrenamiento unas 8 horas, se pueden ingerir 2–3 mg/kg peso antes de cada sesión (30–60 minutos antes). No obstante, habría que tener en cuenta que su ingesta en ayunas es más recomendada, por lo que deberían haber pasado al menos 2–3 horas desde la última comida.

Figura 28. Protocolo recomendado en caso de acudir a la suplementación con p-sinefrina (grado de evidencia moderada– baja).


8.1. Posibles efectos secundarios

En cuanto a los efectos secundarios, la bibliografía sugiere que la p-sinefrina/*Citrus aurantium* son sustancias seguras para la ingestión aguda y crónica en dosis de hasta 3 mg/kg de masa corporal. No obstante, es importante informar a los posibles usuarios de termogénicos y productos para bajar de peso que se pueden incluir otros esti-

mulantes nocivos en los suplementos dietéticos disponibles comercialmente, incluso cuando no haya información sobre la inclusión de estas sustancias potencialmente peligrosas en la etiqueta.

La garantía de autenticidad/calidad de los suplementos dietéticos que contienen p-sinefrina, especialmente en aquellos con una fórmula de múltiples ingredientes, es clave para evitar posibles efectos secundarios.

Además, **a partir de 150 mg/día puede ser responsable de dopaje** por conversión a octopamina (amina biogénica endógena relacionada con la noradrenalina, y que tienen efectos en los sistemas adrenérgicos y dopaminérgicos) [101].



MIS RECOMENDACIONES CALIDAD-PRECIO **AQUÍ**

P-SINEFRINA
<https://bit.ly/40g415x>

9. POTENCIADORES DE LA TESTOSTERONA

La **testosterona** es un andrógeno u hormona sexual masculina, aunque las mujeres también la necesitan en cantidades menores, que está estrechamente ligada al rendimiento deportivo a través de la masa muscular y la fuerza [102]. En los hombres, **la testosterona baja se ha asociado con la libido baja**, desarrollo del síndrome metabólico e incluso depresión.

Los hombres de mediana edad y los mayores ven disminuir sus niveles de testosterona un 0.4–1.6% por año, muchos de los cuales tenían niveles inferiores al promedio incluso en sus 30 años [103]. Afortunadamente, una buena cantidad y calidad del sueño, la actividad física, el control de peso, el magnesio, el zinc y la vitamina D pueden ayudar a mantener niveles saludables de testosterona.

Por eso, antes de siquiera pensar en tomar un suplemento que supuestamente potencie la testosterona, es más recomendable pararse a evaluar nuestro estilo de vida, y cambiar ciertos hábitos, si es necesario. En resumen, **dormir bien, hacer ejercicio y mantener un peso saludable** [103, 104].

El sueño de calidad, la actividad física y el control del peso respaldan de manera sinérgica niveles saludables de testosterona. Si existe falta de sueño, es más difícil hacer ejercicio y más fácil ganar grasa. Si se hace ejercicio, por el contrario, resultará más fácil dormir bien y mantener un peso saludable. Y si nuestro peso está en el rango saludable, resultará más fácil hacer ejercicio y dormir.

Pese a que las recomendaciones son claras, lo cierto es que existen gran variedad de elecciones posibles en lo referente a los suplementos clasificados como potenciadores de la testosterona. Tres de ellos especialmente recurrentes en las últimas décadas y que verdaderamente ofrecen muchas dudas sobre su eficacia son el **ZMA**, el **ácido D-aspártico** y el **tribulus terrestris** (Figura 29).

9.1. ZMA

El ZMA es un suplemento alimenticio que se hizo popular hace años y que a día de hoy aparece regularmente entre los suplementos alimenticios de muchas personas que realizan ejercicio, especialmente dentro del sector de los gimnasios [105].

El ZMA es una marca registrada que contiene zinc, magnesio y vitamina B6, y que es comercializado como ayuda ergogénica para aumentar los niveles de testosterona y mejorar el sueño. La fórmula **ZMA original** está compuesta de **monometionina y aspartato de zinc (30 mg)**, **aspartato de magnesio (450 mg)** y **vitamina B6 como hidrocloreuro de piridoxina (10.5 mg)**, y de acuerdo con las instrucciones del fabricante original (SNAC Nutrition, correspondiente a SNAC Systems Inc.), el ZMA debe tomarse entre 30 y 60 minutos antes de irse a dormir y con el estómago vacío para sincronizar la absorción con el sueño.

Si analizamos cada uno de sus componentes por separado podemos ver cómo teóricamente actúan de manera sinérgica para conseguir los supuestos efectos que se le atribuyen.

Zinc

El zinc está involucrado en procesos de **digestión y mantenimiento de los niveles hormonales**. De hecho, la deficiencia de zinc tiene efectos desfavorables sobre la **testosterona** y, por consiguiente, en la **masa muscular y la fuerza** [88, 105].

Durante el ejercicio intenso, prolongado y frecuente puede darse una disminución de zinc debido a un alto grado de sudoración, y a su consumo deficiente en dieta. Esto puede provocar alteraciones no deseadas en el sistema inmune.

Magnesio

Sus funciones están relacionadas con las enzimas implicadas en la **glucólisis, oxidación de grasas, balance de electrolitos, e incluso en la contracción muscular durante el ejercicio y en la respuesta inmune** que el propio ejercicio genera. También es fundamental en el funcionamiento del corazón.

Al ser un mineral, el magnesio se pierde bastante a través del sudor, por lo que especialmente en situación de calor y de humedad, la cantidad perdida a través del sudor puede duplicarse con respecto a situaciones normales. Sin embargo, esta cantidad se sitúa en torno a 10 mg por cada litro de sudor, cifra nada significativa en comparación con su cantidad de ingesta diaria procedente de los alimentos habituales de la dieta.

Según Moëzzi *et al.* (2013) [106], algunas referencias han indicado que la administración de suplementos de magnesio puede llevar a controlar los niveles de cortisol, especialmente en personas que soportan muy alto volumen de entrenamiento. El cor-

tisol, recordemos, es una hormona catabólica que puede interferir en el aumento de masa y fuerza muscular cuando sus niveles elevados se vuelven crónicos.

Más allá de este efecto sin fuerte evidencia que lo apoye, y aunque se ha argumentado el estímulo de la producción de la hormona de crecimiento vía IGF-1 [106-108], **los efectos sobre el rendimiento no han sido demostrados** [4, 105].

Vitamina B6 (Piridoxina)

Entre sus funciones relacionadas con el deporte, se encuentran:

- Metabolismo de las proteínas.
- Formación de hemoglobina.
- Formación glóbulos rojos.
- Glucogenolisis y gluconeogénesis.

Su deficiencia puede llevar a alteraciones como anemia, pero **con una dieta equilibrada, saludable y acorde a los objetivos de cada persona, lo cierto es que es difícil que se dé este déficit**. Por otro lado, dado que la vitamina B6 se encuentra particular, aunque no exclusivamente, en carnes animales, en personas veganas sí podría tener algo más de probabilidad suplementarse con ella, más incluso si la dieta no es alta en proteínas (< 1.8 g/kg peso/día).

...

Con esto en mente, uno de los estudios más relevantes sobre el ZMA y del que se hicieron eco muchas empresas de suplementación deportiva es el **Brilla y Conte en el año 2000** [107], quienes investigaron las respuestas hormonales y de las variables de entrenamiento de jugadores de fútbol americano después de 7 semanas de suplementación con ZMA.

Se observaron aumentos estadísticamente significativos en las concentraciones plasmáticas de zinc y magnesio, junto con un aumento también significativo de los niveles de testosterona e IGF-1 en plasma. También mejoraron las variables de entrenamiento medidas: fuerza, velocidad y potencia.

Pese a que la intervención resultó satisfactoria, los conflictos de intereses de uno de los autores eran claros puesto que era uno de los creadores de pan patente original de ZMA, que además financió el proyecto.

Otros estudios replicados a partir de este no tuvieron resultados positivos ni negativos tras suplementarse con ZMA. Ni las concentraciones plasmáticas de zinc o magnesio, ni las hormonas anabólicas (testosterona, IGF-1 y hormona del crecimiento), ni el cortisol, ni las ganancias en masa muscular, fuerza o capacidad anaeróbica fueron diferentes en comparación con placebo [4,105].

Y a pesar de que los fabricantes también afirman que algunas versiones de ZMA mejoran la calidad del sueño, lo cierto es que prácticamente no se ha evaluado este efecto y no se puede afirmar nada al respecto.

Por tanto, en la actualidad, hay muy pocas pruebas para apoyar el uso de ZMA como una intervención nutricional anabólica que pueda mejorar los niveles de testosterona, la masa muscular, la fuerza o la calidad del sueño.

La investigación más popular sobre ZMA corrió de cuenta de los creadores de la patente y mostraron unos buenos resultados en el perfil hormonal y el rendimiento deportivo. No obstante, eliminando el filtro por conflictos de intereses, otros estudios replicados a partir de este **no tuvieron resultados positivos ni negativos tras suplementarse con ZMA.**

Por tanto, en la actualidad, hay muy pocas pruebas para apoyar el uso de ZMA como una intervención nutricional anabólica que pueda mejorar los niveles de testosterona, la masa muscular, la fuerza o la calidad del sueño.

9.2. Ácido D-aspártico

Es otro suplemento conocido por sus supuestas características potenciadoras de la testosterona. Es una de las dos formas en las que encontramos el ácido aspártico; la otra es el ácido L-aspártico. Es importante entender que no se deben confundir ambos dos, ya que los efectos del ácido D-aspártico no son transferibles al Ácido L-aspártico. De modo que no se debe comprar este último esperando conseguir los efectos del primero.

El ácido D-aspártico es un suplemento que **sí ha demostrado tener algún efecto positivo sobre la producción de testosterona y sobre la libido**, aunque no hay un consenso sobre el tema, sobre todo, en lo referente a la testosterona:

- Un estudio [109] que se llevó a cabo durante 12 días en el que se suplementó a los sujetos con ácido D-aspártico, logró elevar los niveles de testosterona un 15% después de 6 días y un 42% tras 12 días. Asimismo, los niveles bajaron al 22% después de 3 días de uso discontinuo.
- Ese estudio fue replicado en hombre infértiles, que fueron suplementados con 2.66 gramos de ácido D-aspártico, y se logró un aumento de testosterona del 30–60% [110].
- Por último, en estudios hechos en deportistas de fuerza y de resistencia a los que se les suplementó con unos 3 gramos de ácido D-aspártico durante 4–12 semanas no se obtuvieron resultados positivos en aumento de la concentración de testosterona o variables de entrenamiento respecto a grupos de control y placebo [111-113].

Por lo tanto, como vemos y como ya decíamos, **los resultados no son concluyentes respecto al aumento de testosterona.**

A pesar de no haber un consenso, muchos han querido ver el lado bueno del asunto y aferrarse a ese 40% de aumento de los primeros estudios. Lamentablemente, eso no es suficiente. Puede ser cierto que el ácido D-aspártico aumente los niveles de testosterona, pero el problema es que un 40% no se traslada en efectos anabólicos visibles.

La testosterona es un medio para lograr aumentar la masa muscular y la fuerza, pero un aumento del 40% respecto a una situación de deficiencia no es suficiente para ver resultados, a la luz de la evidencia. Habría que aumentar los niveles varios cientos de veces para lograr efectos que se trasladen a mayores ganancias musculares.

En conclusión, aun siendo el potenciador de testosterona con mejores resultados, la evidencia es baja en personas con rangos normales de testosterona y, como mucho, moderada en casos de déficit o infertilidad.

Aun siendo el potenciador de testosterona con mejores resultados, **la evidencia para el uso de ácido D-aspártico es baja en personas con rangos normales de testosterona y, como mucho, moderada en casos de déficit o infertilidad.** Los efectos positivos en la testosterona no tienen por qué significar unos efectos directos en la ganancia de masa muscular y/o fuerza.

9.3. *Tribulus terrestris*

El *tribulus terrestris* es una hierba de Ayurveda que se recomienda principalmente para la salud masculina, incluida la virilidad y la vitalidad, y específicamente más orientada a la salud cardiovascular y urogenital. Es un suplemento común por sus propiedades potenciadoras de la libido y supuestas propiedades potenciadoras de la testosterona [105].

En el lado sexual de las cosas, el *tribulus* parece ofertarse como un potenciador de la libido relativamente confiable y potente. Sin embargo, una revisión que analizó los resultados de 12 estudios importantes sobre los efectos de la suplementación con la planta durante hasta 3 meses en hombres y mujeres de 14 a 60 años, personas sanas y personas con problemas sexuales, concluyó claramente que **este suplemento no aumentaba la testosterona** [114].

Si bien no se sabe exactamente cómo funciona el *tribulus* para explicar algunos resultados positivos en animales, se sabe que aumenta la densidad del receptor de andrógenos en el cerebro, pero no es así en el tejido muscular [115]. En este sentido, **la evidencia limitada sugiere que es débil o no eficaz para mejorar la fertilidad o el rendimiento deportivo** [4, 115, 116].

Pese a ello, hoy en día, el *tribulus* sigue siendo usado por deportistas y culturistas basados en la creencia de la información aportada por las empresas de suplementación deportiva que, precisamente, se basan en los poquísimos estudios que existen sobre sus potenciales beneficios en animales.

A pesar de las promesas de las empresas de suplementación deportiva sobre el *tribulus terrestris* en cuanto a ser buen adaptógeno y potenciador de la libido, **los estudios no han logrado encontrar beneficios.** Parece ser una hierba posiblemente saludable que mejora la sexualidad, pero con resultados muy limitados.

ZMA, ácido D-aspártico y *Tribulus Terrestris*. Promesas vs realidad.

	<p>¿Qué se vende? Aumenta de la testosterona y hormonas anabólicas Incrementa la fuerza y masa muscular Más horas de sueño profundo Mejora de la potencia sexual (erección y libido)</p>	<p>Realidad Puede aumentar testosterona, sólo si hay déficit de Zn NO incrementa la fuerza ni la masa muscular NO tiene efectos en más horas de sueño profundo NO mejora la potencia sexual (erección y libido)</p>
	<p>¿Qué se vende? Aumenta de la testosterona Incrementa de fuerza y masa muscular Mejora de la potencia sexual (erección y libido)</p>	<p>Realidad Si aumenta la testosterona, sobre todo en infértiles NO incrementa la fuerza ni la masa muscular Puede mejorar la potencia sexual (erección y libido)</p>
	<p>¿Qué se vende? Aumenta de la testosterona Incrementa de fuerza y masa muscular Buena opción post-ciclo de esteroides Mejora de la potencia sexual (erección y libido)</p>	<p>Realidad NO aumenta la testosterona NO incrementa la fuerza ni la masa muscular NO es buena opción post-ciclo de esteroides Si mejora la potencia sexual, pero en pocos sujetos.</p>

Figura 29. Los potenciadores de testosterona más vendidos no tienen efectos contrastados sobre ella. Quizás el DAA pueda diferenciarse un poco más de los demás, aunque las condiciones específicas de sus efectos son muy particulares.



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

ZMA

<https://bit.ly/3MNjE1i>



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

ÁCIDO D-ASPÁRTICO

<https://bit.ly/3A7iRAF>



**MIS RECOMENDACIONES
CALIDAD-PRECIO**

AQUÍ

TRIBULUS TERRESTRIS

<https://bit.ly/43G6sBi>

RESUMEN GENERAL. 20 CLAVES

1. Si se cumplen las necesidades nutricionales diarias a través de la alimentación y sin suplementación (complementos), siempre acorde a la actividad física diaria individual, **los suplementos deportivos no son obligatorios, si bien podrían suponer una importante ayuda en la consecución de objetivos exigentes.**
2. Que un suplemento tenga una clasificación de poca o limitada evidencia para justificar su uso **no significa que sea inútil**, sino que los beneficios derivados de su uso se reservan para condiciones muy específicas y, posiblemente, en sinergia con otros suplementos con igual o mayor respaldo.
3. La velocidad de digestión proteica, el contenido y perfil de aminoácidos de la proteína y la absorción de estos por el organismo son las **propiedades que determinan el efecto anabólico de una fuente de proteína.** Si se cumplen con las necesidades diarias de este macronutriente no es necesario acudir a fuentes proteicas en forma de polvo (batidos).
4. **Los efectos de la suplementación con aminoácidos esenciales (AAEE) son menos importantes si la ingesta de proteína dietética diaria es de alta calidad** (atención al valor biológico, PDCAAS y DIAAS) ya las contienen en cantidades adecuadas.
5. La suplementación con **HMB** está más orientada a preservar la masa muscular y fuerza en periodos de lesiones o déficits calóricos (**carácter anticatabólico**). La dosis óptima parece situarse en torno a los 38 mg/kg peso corporal al día.
6. **El monohidrato de creatina es el suplemento con mayor evidencia y respaldo** en cuanto a efectividad para aumentar masa muscular o mejorar el rendimiento en ejercicio de alta intensidad y/o deportes de fuerza. Como consideración importante, parece ser que a medida que se van llenando los depósitos de creatina, disminuye su absorción.
7. **La cafeína es el estimulante con mayor evidencia y respaldo en cuanto a efectividad para mejorar el rendimiento** en diferentes disciplinas deportivas. Además, puede ser necesario ciclar su uso, ya que se genera tolerancia cuando se consume durante periodos de tiempo prolongados.
8. La **beta-alanina**, mediante la **acción "tamponadora" o de "buffer"** asociada a la carnosina, ayudará a desacidificar el medio, permitiendo proseguir con el esfuerzo intenso, retrasar la aparición de fatiga, y optimizar la recuperación metabólica entre las series interválicas.
9. La suplementación con zumo de remolacha (400–500 gramos/día), que cuenta con grado de evidencia alta, es utilizada por su alto contenido **en nitrato inorgánico (NO₃⁻)**, cuyo fin último es acabar reduciéndose a óxido nítrico. El óxido nítrico es un importante vasodilatador capaz de aumentar el flujo sanguíneo y favorecer la cesión de oxígeno a nivel muscular.
10. Hierro, omega-3, probióticos y vitamina D son suplementos relacionados con la salud que resultan de especial interés en deportistas. Todos ellos tienen su protocolo de uso y contexto específicos, pero es común que las personas que realizan ejercicio habitualmente tengan carencias de alguno(s) de ellos.

RESUMEN GENERAL. 20 CLAVES

11. En relación al resto de suplementación deportiva perteneciente a los grupos con evidencia más limitada que respalde su eficacia y/o seguridad, deberían estudiarse más al detalle las necesidades propias de cada deportista y los contextos concretos.
12. En términos generales, la suplementación con aminoácidos ramificados (BCAA's) se reservaría para condiciones muy concretas de **déficit calórico y/o de proteínas, así como para mesociclos o temporadas de muy alta carga de entrenamiento.**
13. La **suplementación con glutamina** podría ser recomendable para quienes realizan **más de 3 o 4 horas de ejercicio extenuante a la semana**, para aquellos que entrenen con **niveles de glucógeno bajos**, y para evitar **molestias gastrointestinales durante el ejercicio.**
14. La **citrulina**, por su intervención en el ciclo arginina–glucosa de producción de energía y la eliminación de desechos que podrían asociarse a la práctica de ejercicio, se ha recomendado en determinadas situaciones de **alta carga de entrenamiento y/o fatiga crónica.**
15. **La mayoría de estudios actuales no apoyan el consumo de antioxidantes en personas deportistas.** Dosis elevadas de antioxidantes **producen una disminución de los efectos beneficiosos inducidos por el entrenamiento.**
16. La suplementación con **arginina**, tanto de forma aguda como crónica, muestra efectos beneficiosos en el rendimiento de deportes que implican **intensidades superiores e iguales a la potencia aeróbica máxima y de aquellos en los que se compite a una menor intensidad a la misma.** No obstante, queda mucho por estudiar sobre el efecto de dicho suplemento.
17. La manera en la que la **ashwagandha** puede ayudar es **paliando los efectos secundarios derivados de un estado de estrés o ansiedad crónicos.** Es decir, aliviar en cierta manera esos efectos negativos que nos va a producir esa ansiedad y ese estrés crónico. No es tanto que prevenga el estrés o la ansiedad como tal, ya que no es ansiolítico, sino que nos ayuda a sobrellevarlos mejor.
18. La **L-Carnitina** como suplemento de apoyo en deportes de carácter aeróbico muestra una **evidencia baja salvo casos contados.** En toma aguda no tiene efecto alguno, sin embargo, su toma de forma crónica (más de 3 meses de ingesta diaria) podría beneficiar a ciertos grupos de deportistas.
19. La **activación de los receptores β 3 inducida por la p-sinefrina** puede ser clave para mejorar la utilización de las grasas del tejido adiposo, siendo demandadas por el músculo esquelético en el que, en situaciones de ejercicio, se puede usar para proporcionar energía para la contracción. Es un suplemento con mucho potencial, aunque limitada evidencia, para la pérdida de grasa a medio y largo plazo.
20. **Los potenciadores de testosterona más vendidos no tienen efectos contras- tados sobre ella.** Quizás el DAA pueda diferenciarse un poco más de los demás, aunque las condiciones específicas de sus efectos son muy particulares.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

1. Malek, M. H. & Coburn, J.W (2016). *Manual NSCA: Fundamentos del Entrenamiento Personal*. 2.^a Edición. Barcelona: Editorial Paidotribo.
2. Muñoz-López, M. (2014). *Contaminación y efectos secundarios en suplementos deportivos (proteínas, aminoácidos, creatina y suplementos para la pérdida de peso)*. Trabajo Fin de Grado. Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Grado en Cc. Actividad Física y Deporte. Universidad Politécnica de Madrid.
3. Goston, J. L., & Correia, M. (2010). *Intake of nutritional supplements among people exercising in gyms and influencing factors*. *Nutrition*, 26(6), 604-611.
4. Kerksick, C. M., Wilborn, C. D., Roberts, M. D., Smith-Ryan, A., Kleiner, S. M., Jäger, R., ... & Greenwood, M. (2018). *ISSN exercise & sports nutrition review update: research & recommendations*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 38.
5. Australian Institute of Sport (2021). Position Statement. *Supplements and sports foods in high performance sport*. Recuperado de <https://cutt.ly/QmO8RbU> a 10 de julio de 2021.
6. Jäger, R., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Cribb, P. J., Wells, S. D., Skwiat, T. M., ... & Smith-Ryan, A. E. (2017). *International society of sports nutrition position stand: protein and exercise*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 14(1), 20.
7. Lemon, P. W., Tarnopolsky, M. A., MacDougall, J. D., & Atkinson, S. A. (1992). *Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders*. *Journal of Applied Physiology*, 73(2), 767-775.
8. Phillips, S. M., & Van Loon, L. J. (2011). *Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation*. *Journal Of Sports Sciences*, 29(sup1), S29-S38.
9. Lee, W. T., Weisell, R., Albert, J., Tomé, D., Kurpad, A. V., & Uauy, R. (2016). *Research approaches and methods for evaluating the protein quality of human foods proposed by an FAO expert working group in 2014*. *The Journal Of Nutrition*, 146(5), 929-932.
10. Gilani, G. S., Cockell, K. A., & Sepehr, E. (2005). *Effects of antinutritional factors on protein digestibility and amino acid availability in foods*. *Journal Of AOAC International*, 88(3), 967-987.
11. FAO (2013). *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. FAO Food Nutrition Paper, 92, 1-66.
12. Pennings, B., Boirie, Y., Senden, J. M., Gijsen, A. P., Kuipers, H., & van Loon, L. J. (2011). *Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men*. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 93(5), 997-1005.
13. van Vliet, S., Burd, N. A., & van Loon, L. J. (2015). *The skeletal muscle anabolic response to plant-versus animal-based protein consumption*. *The Journal of Nutrition*, 145(9), 1981-1991.
14. Tipton, K. D., Borsheim, E., Wolf, S. E., Sanford, A. P., & Wolfe, R. R. (2003). *Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion*. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, 284(1), E76-E89.
15. Albert, F. J., Morente-Sánchez, J., Ortega Porcel, F. B., Castillo Garzón, M. J., & Gutiérrez, Á. (2015). Usefulness of β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) supplementation in different

- sports: an update and practical implications. *Nutrición Hospitalaria*. 32(1):20-33.
16. Kreider, R. B., Melton, C., Rasmussen, C. J., Greenwood, M., Lancaster, S., Cantler, E. C., ... & Almada, A. L. (2003). *Long-term creatine supplementation does not significantly affect clinical markers of health in athletes*. *Molecular And Cellular Biochemistry*, 244(1-2), 95-104.
 17. Gualano, B., Ugrinowitsch, C., Novaes, R. B., Artioli, G. G., Shimizu, M. H., Seguro, A. C., ... & Lancha, A. H. (2008). *Effects of creatine supplementation on renal function: a randomized, double-blind, placebo-controlled clinical trial*. *European Journal Of Applied Physiology*, 103(1), 33-40.
 18. Grgic, J., Trexler, E. T., Lazinec, B., & Pedisic, Z. (2018). *Effects of caffeine intake on muscle strength and power: a systematic review and meta-analysis*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 15(1), 11.
 19. Ali, A., O'Donnell, J., Foskett, A., & Rutherford-Markwick, K. (2016). *The influence of caffeine ingestion on strength and power performance in female team-sport players*. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 46.
 20. Desbrow, B., Biddulph, C., Devlin, B., Grant, G. D., Anoopkumar-Dukie, S., & Leveritt, M. D. (2012). *The effects of different doses of caffeine on endurance cycling time trial performance*. *Journal of sports sciences*, 30(2), 115-120.
 21. Schneiker, K. T., Bishop, D., Dawson, B., & Hackett, L. P. (2006). *Effects of caffeine on prolonged intermittent-sprint ability in team-sport athletes*. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 38(3), 578-585.
 22. Carr, A. J., Gore, C. J., & Dawson, B. (2011). *Induced alkalosis and caffeine supplementation: effects on 2,000-m rowing performance*. *International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism*, 21(5), 357-364.
 23. Cook, C., Beaven, C. M., Kilduff, L. P., & Drawer, S. (2012). *Acute caffeine ingestion's increase of voluntarily chosen resistance-training load after limited sleep*. *International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism*, 22(3), 157-164.
 24. Artioli, G. G., Gualano, B., Smith, A., Stout, J., & Lancha Jr, A. H. (2010). *Role of beta-alanine supplementation on muscle carnosine and exercise performance*. *Medicine & Sciences in Sports & Exercise*, 42(6), 1162-1173.
 25. Castell, L. M., Burke, L. M., Stear, S. J., McNaughton, L. R., & Harris, R. C. (2010). *BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 5*. *British Journal Of Sports Medicine*, 44(1), 77-78.
 26. Hoffman, J., Ratamess, N., Kang, J., Mangine, G., Faigenbaum, A., & Stout, J. (2006). *Effect of creatine and β -alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes*. *International Journal Of Sport Nutrition And Exercise Metabolism*, 16(4), 430-446.
 27. Larsen, F. J., Weitzberg, E., Lundberg, J. O., & Ekblom, B. (2007). *Effects of dietary nitrate on oxygen cost during exercise*. *Acta physiologica*, 191(1), 59-66.
 28. Larsen, F. J., Schiffer, T. A., Borniquel, S., Sahlin, K., Ekblom, B., Lundberg, J. O., & Weitzberg, E. (2011). *Dietary inorganic nitrate improves mitochondrial efficiency in humans*. *Cell metabolism*, 13(2), 149-159.

29. Vanhatalo, A., Fulford, J., Bailey, S. J., Blackwell, J. R., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2011). Dietary nitrate reduces muscle metabolic perturbation and improves exercise tolerance in hypoxia. *The Journal of physiology*, 589(22), 5517-5528.
30. Siervo, M., Lara, J., Ogbonmwan, I., & Mathers, J. C. (2013). Inorganic nitrate and beetroot juice supplementation reduces blood pressure in adults: a systematic review and meta-analysis. *The Journal of nutrition*, 143(6), 818-826.
31. Domínguez, R., Cuenca, E., Maté-Muñoz, J. L., García-Fernández, P., Serra-Paya, N., Estevan, M. C. L., ... & Garnacho-Castaño, M. V. (2017). Effects of beetroot juice supplementation on cardiorespiratory endurance in athletes. *A systematic review. Nutrients*, 9(1), 43.
32. Wilkerson, D. P., Hayward, G. M., Bailey, S. J., Vanhatalo, A., Blackwell, J. R., & Jones, A. M. (2012). Influence of acute dietary nitrate supplementation on 50 mile time trial performance in well-trained cyclists. *European journal of applied physiology*, 112(12), 4127-4134.
33. MacLeod, K. E., Nugent, S. F., Barr, S. I., Koehle, M. S., Sporer, B. C., & MacInnis, M. J. (2015). Acute beetroot juice supplementation does not improve cycling performance in normoxia or moderate hypoxia. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 25(4), 359-366.
34. Nyakayiru, J. M., Jonvik, K. L., Pinckaers, P. J., Senden, J., van Loon, L. J., & Verdijk, L. B. (2017). No effect of acute and 6-day nitrate supplementation on and time-trial performance in highly trained cyclists. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 27(1), 11-17.
35. Lane, S. C., Hawley, J. A., Desbrow, B., Jones, A. M., Blackwell, J. R., Ross, M. L., ... & Burke, L. M. (2014). Single and combined effects of beetroot juice and caffeine supplementation on cycling time trial performance. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(9), 1050-1057.
36. Buck, C., Guelfi, K., Dawson, B., McNaughton, L., & Wallman, K. (2015). Effects of sodium phosphate and caffeine loading on repeated-sprint ability. *Journal of sports sciences*, 33(19), 1971-1979.
37. Galvan, E., Walker, D. K., Simbo, S. Y., Dalton, R., Levers, K., O'Connor, A., ... & Kreider, R. B. (2016). Acute and chronic safety and efficacy of dose dependent creatine nitrate supplementation and exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 1-24.
38. Urdampilleta, A., Martínez-Sanz, J. M., & Mielgo-Ayuso, J. (2013). Anemia ferropénica en el deporte e intervenciones dietético-nutricionales preventivas. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 17(4), 155-164.
39. Coates, A., Mountjoy, M., & Burr, J. (2017). Incidence of iron deficiency and iron deficient anemia in elite runners and triathletes. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(5), 493-498.
40. Pedlar, C. R., Bruignara, C., Bruinvels, G., & Burden, R. (2018). Iron balance and iron supplementation for the female athlete: a practical approach. *European journal of sport science*, 18(2), 295-305.
41. Roecker, L., Meier-Buttermilch, R., Brechtel, L., Nemeth, E., & Ganz, T. (2005). Iron-regulatory protein hepcidin is increased in female athletes after a marathon. *European journal of applied physiology*, 95(5), 569-571.

42. Zhao, N., Zhang, A. S., & Enns, C. A. (2013). Iron regulation by hepcidin. *The Journal of clinical investigation*, 123(6),37-43.
43. Auersperger, I., Škof, B., Leskošek, B., Knap, B., Jerin, A., & Lainscak, M. (2013). Exercise-induced changes in iron status and hepcidin response in female runners. *PLoS One*, 8(3), e58090.
44. Sim, M., Dawson, B., Landers, G., Swinkels, D. W., Tjalsma, H., Trinder, D., & Peeling, P. (2013). Effect of exercise modality and intensity on postexercise interleukin-6 and hepcidin levels. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 23(2), 178-186.
45. Clénin, G. E. (2017). The treatment of iron deficiency without anaemia (in otherwise healthy persons). *Swiss Medical Weekly*, 147(2324), w14434–w14434.
46. Shahidi, F., & Ambigaipalan, P. (2018). omega-3 polyunsaturated fatty acids and their health benefits. *Annual review of food science and technology*, 9, 345-381.
47. Leaf, A., Kang, J. X., Xiao, Y. F., & Billman, G. E. (2003). Clinical prevention of sudden cardiac death by n-3 polyunsaturated fatty acids and mechanism of prevention of arrhythmias by n-3 fish oils. *Circulation*, 107(21), 2646-2652.
48. Willett, W. C. (2007). The role of dietary n-6 fatty acids in the prevention of cardiovascular disease. *Journal of Cardiovascular Medicine*, 8, S42-S45.
49. Balk, E. M., Lichtenstein, A. H., Chung, M., Kupelnick, B., Chew, P., & Lau, J. (2006). Effects of omega-3 fatty acids on serum markers of cardiovascular disease risk: a systematic review. *Atherosclerosis*, 189(1), 19-30.
50. Morgan, A. J., & Jorm, A. F. (2008). Self-help interventions for depressive disorders and depressive symptoms: a systematic review. *Annals of general psychiatry*, 7(1), 1-23.
51. Gammone, M. A., Riccioni, G., Parrinello, G., & D’Orazio, N. (2019). omega-3 polyunsaturated fatty acids: benefits and endpoints in sport. *Nutrients*, 11(1), 46.
52. Lv, Z. T., Zhang, J. M., & Zhu, W. T. (2020). omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for reducing muscle soreness after eccentric exercise: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *BioMed research international*, 2020.
53. Fenton, J. I., Hord, N. G., Ghosh, S., & Gurzell, E. A. (2013). Immunomodulation by dietary long chain omega-3 fatty acids and the potential for adverse health outcomes. *Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids*, 89(6), 379-390.
54. de Oliveira, E. P., Burini, R. C., & Jeukendrup, A. (2014). Gastrointestinal complaints during exercise: prevalence, etiology, and nutritional recommendations. *Sports Medicine*, 44(1), 79-85.
55. Pyne, D. B., West, N. P., Cox, A. J., & Cripps, A. W. (2015). Probiotics supplementation for athletes—clinical and physiological effects. *European journal of sport science*, 15(1), 63-72.
56. Duarte, V. X., & Giménez-Sánchez, J. (2015). Estrategias de suplementación y función gastrointestinal en atletas de resistencia. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 19(3), 167-174.

57. Guarner, F., Khan, A. G., Garisch, J., Eliakim, R., Gangl, A., Thomson, A., ... & Lemair, T. (2011). Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos. *Organización Mundial de Gastroenterología*. 22p.
58. Möller, G. B., da Cunha Goulart, M. J. V., Nicoletto, B. B., Alves, F. D., & Schneider, C. D. (2019). Supplementation of probiotics and its effects on physically active individuals and athletes: systematic review. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*, 29(5), 481-492.
59. Calero, C. D., Rincón, E. O., & Marqueta, P. M. (2020). Probiotics, prebiotics and synbiotics: useful for athletes and active individuals? A systematic review. *Beneficial microbes*, 11(2), 135-149.
60. Clark, A., & Mach, N. (2016). Exercise-induced stress behavior, gut-microbiota-brain axis and diet: a systematic review for athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 13(1), 1-21.
61. Chiang, C. M., Ismaeel, A., Griffis, R. B., & Weems, S. (2017). Effects of vitamin D supplementation on muscle strength in athletes: a systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(2), 566-574.
62. Książek, A., Zagrodna, A., & Słowińska-Lisowska, M. (2019). Vitamin D, skeletal muscle function and athletic performance in athletes—a narrative review. *Nutrients*, 11(8), 1800.
63. Knechtle, B.; Nikolaidis, P.T. (2020). Vitamin D and Sport Performance. *Nutrients*, 12(3), 841.
64. Rybchyn, M. S., Abboud, M., Puglisi, D. A., Gordon-Thomson, C., Brennan-Speranza, T. C., Mason, R. S., & Fraser, D. R. (2020). Skeletal muscle and the maintenance of vitamin D status. *Nutrients*, 12(11), 3270.
65. Amrein, K., Scherkl, M., Hoffmann, M., Neuwersch-Sommeregger, S., Köstenberger, M., Berisha, A. T., ... & Malle, O. (2020). Vitamin D deficiency 2.0: an update on the current status worldwide. *European journal of clinical nutrition*, 74(11), 1498-1513.
66. Sassi, F., Tamone, C., & D'Amelio, P. (2018). Vitamin D: nutrient, hormone, and immunomodulator. *Nutrients*, 10(11), 1656.
67. Burke, L. M., Castell, L. M., Stear, S. J., Rogers, P. J., Blomstrand, E., Gurr, S., ... & Greenhaff, P. L. (2009). BJSM reviews: A–Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 4. *British Journal Of Sports Medicine*, 43(14), 1088-1090.
68. Castell, L. M., Newsholme, P., Krause, M., Newsholme, E. A., Stear, S. J., & Burke, L. M. (2011). BJSM reviews: A to Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance—Part 18. *British Journal Of Sports Medicine*, 45(3), 230-232.
69. Close, G. L., Hamilton, D. L., Philp, A., Burke, L. M., & Morton, J. P. (2016). New strategies in sport nutrition to increase exercise performance. *Free Radical Biology and Medicine*, 98, 144-158.
70. Lenzi, J. L., Teixeira, E. L., & Schoenfeld, B. J. (2019). Dietary Strategies of Modern Bodybuilders During Different Phases of the Competitive Cycle. *Journal Of Strength And Conditioning Research*.

71. Elango, R., Chapman, K., Rafii, M., Ball, R. O., & Pencharz, P. B. (2012). Determination of the tolerable upper intake level of leucine in acute dietary studies in young men. *The American Journal Of Clinical Nutrition*, 96(4), 759-767.
72. Greenham, G., Buckley, J. D., Garrett, J., Eston, R., & Norton, K. (2018). Biomarkers of physiological responses to periods of intensified, non-resistance-based exercise training in well-trained male athletes: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 48(11), 2517-2548.
73. Ahmadi, A. R., Rayyani, E., Bahreini, M., & Mansoori, A. (2019). The effect of glutamine supplementation on athletic performance, body composition, and immune function: A systematic review and a meta-analysis of clinical trials. *Clinical Nutrition*, 38(3), 1076-1091.
74. Sureda, A., Córdova, A., Ferrer, M. D., Pérez, G., Tur, J. A., & Pons, A. (2010). L-citrulline-malate influence over branched chain amino acid utilization during exercise. *European Journal Of Applied Physiology*, 110(2), 341-351.
75. Bendahan, D., Mattei, J. P., Ghattas, B., Confort-Gouny, S., Le Guern, M. E., & Cozzone, P. J. (2002). Citrulline/malate promotes aerobic energy production in human exercising muscle. *British Journal Of Sports Medicine*, 36(4), 282-289.
76. Helms, E. R., Aragon, A. A., & Fitschen, P. J. (2014). Evidence-based recommendations for natural bodybuilding contest preparation: nutrition and supplementation. *Journal Of The International Society Of Sports Nutrition*, 11(1), 20.
77. EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (EFSA NDA Panel), Turck, D., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K. I., Kearney, J., ... & Naska, A. (2018). Guidance on the scientific requirements for health claims related to muscle function and physical performance: (Revision 1). *EFSA Journal*, 16(10), e05434.
78. Halliwell, B. H., & Gutteridge, J. M. C. (2007). *Free Radicals in Biology and Medicine*, 4th Ed. Oxford University Press.
79. Harty, P. S., Cottet, M. L., Malloy, J. K., & Kerksick, C. M. (2019). Nutritional and supplementation strategies to prevent and attenuate exercise-induced muscle damage: a brief review. *Sports medicine-open*, 5(1), 1-17.
80. Peternelj, T. T., & Coombes, J. S. (2011). Antioxidant supplementation during exercise training. *Sports medicine*, 41(12), 1043-1069.
81. Draeger, C. L., Naves, A., Marques, N., Baptistella, A. B., Carnauba, R. A., Paschoal, V., & Nicastro, H. (2014). Controversies of antioxidant vitamins supplementation in exercise: ergogenic or ergolytic effects in humans?. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 11(1), 1-4.
82. Merry, T. L., & Ristow, M. (2016). Do antioxidant supplements interfere with skeletal muscle adaptation to exercise training?. *The Journal of physiology*, 594(18), 5135-5147.
83. Viribay, A., Burgos, J., Fernández-Landa, J., Seco-Calvo, J., & Mielgo-Ayuso, J. (2020). Effects of arginine supplementation on athletic performance based on energy metabolism: A systematic review and meta-analysis. *Nutrients*, 12(5), 1300.
84. Pratte, M. A., Nanavati, K. B., Young, V., & Morley, C. P. (2014). An alternative treatment for anxiety: a systematic review of human trial results reported for the Ayurvedic herb ashwagandha (*Withania somnifera*). *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*, 20(12), 901-908.

85. Lopresti, A. L., Smith, S. J., Malvi, H., & Kodgule, R. (2019). An investigation into the stress-relieving and pharmacological actions of an ashwagandha (*Withania somnifera*) extract: A randomized, double-blind, placebo-controlled study. *Medicine*, *98*(37).
86. Bonilla, D. A., Moreno, Y., Gho, C., Petro, J. L., Odriozola-Martínez, A., & Kreider, R. B. (2021). Effects of Ashwagandha (*Withania somnifera*) on Physical Performance: Systematic Review and Bayesian Meta-Analysis. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, *6*(1), 20.
87. Ziegenfuss, T. N., Kedia, A. W., Sandrock, J. E., Raub, B. J., Kerksick, C. M., & Lopez, H. L. (2018). Effects of an aqueous extract of *Withania somnifera* on strength training adaptations and recovery: The STAR trial. *Nutrients*, *10*(11), 1807.
88. Kreider, R.B. (2019). *Essentials of exercise and sport nutrition: Science to practice*. Raleigh, NC: Lulu.
89. Haaz, S., Fontaine, K. R., Cutter, G., Limdi, N., Perumean-Chaney, S., & Allison, D. B. (2006). Citrus aurantium and synephrine alkaloids in the treatment of overweight and obesity: an update. *Obesity reviews*, *7*(1), 79-88.
90. Brown, C. M., McGrath, J. C., Midgley, J. M., Muir, A. G. B., O'Brien, J. W., Thonoor, C. M., ... & Wilson, V. G. (1988). Activities of octopamine and synephrine stereoisomers on α -adrenoceptors. *British journal of pharmacology*, *93*(2), 417-429.
91. Rossato, L. G., Costa, V. M., De Pinho, P. G., Carvalho, F., de Lourdes Bastos, M., & Remião, F. (2011). Structural isomerization of synephrine influences its uptake and ensuing glutathione depletion in rat-isolated cardiomyocytes. *Archives of toxicology*, *85*(8), 929-939.
92. World Anti-doping Agency (2021). The 2021 Prohibited List. Montreal, Canada. Disponible en: https://www.wada-ama.org/sites/default/files/resources/files/2021list_en.pdf
93. Stohs, S. J., Preuss, H. G., & Shara, M. (2011). A review of the receptor-binding properties of p-synephrine as related to its pharmacological effects. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, *2011*.
94. Stohs, S. J., Preuss, H. G., & Shara, M. (2012). A review of the human clinical studies involving Citrus aurantium (bitter orange) extract and its primary protoalkaloid p-synephrine. *International journal of medical sciences*, *9*(7), 527.
95. Ruiz-Moreno, C., Del Coso, J., Giráldez-Costas, V., González-García, J., & Gutiérrez-Hellín, J. (2021). Effects of p-Synephrine during Exercise: A Brief Narrative Review. *Nutrients*, *13*(1), 233.
96. Gutiérrez-Hellín, J., Salinero, J. J., Abían-Vicen, J., Areces, F., Lara, B., Gallo, C., ... & Del Coso, J. (2016). Acute consumption of p-synephrine does not enhance performance in sprint athletes. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *41*(1), 63-69.
97. Gutiérrez-Hellín, J., Baltazar-Martins, G., Rodríguez, I., Lara, B., Ruiz-Moreno, C., Aguilar-Navarro, M., & Del Coso, J. (2020). p-Synephrine, the main protoalkaloid of Citrus aurantium, raises fat oxidation during exercise in elite cyclists. *European Journal of Sport Science*, *1-10*.
98. Ratamess, N. A., Bush, J. A., Kang, J., Kraemer, W. J., Stohs, S. J., Nocera, V. G., ... & Faigenbaum, A. D. (2015). The effects of supplementation with P-Synephrine alone and in combination with caffeine on resistance exercise performance. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, *12*(1), 1-11.

99. Gutiérrez-Hellín, J., & Del Coso, J. (2018). Dose–Response Effects of p-Syneprine on Fat Oxidation Rate During Exercise of Increasing Intensity. *Phytotherapy Research*, 32(2), 370-374.
100. Gutiérrez-Hellín, J., Ruiz-Moreno, C., & Del Coso, J. (2020). Acute p-syneprine ingestion increases whole-body fat oxidation during 1-h of cycling at Fatmax. *European journal of nutrition*, 59(7), 3341-3345.
101. Medana, C., Calza, P., Giancotti, V., Dal Bello, F., Aragno, M., & Baiocchi, C. (2013). Study of the photocatalytic transformation of syneprine: a biogenic amine relevant in anti-doping analysis. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 405(2), 1105-1113.
102. Griggs, R. C., Kingston, W., Jozefowicz, R. F., Herr, B. E., Forbes, G., & Halliday, D. (1989). Effect of testosterone on muscle mass and muscle protein synthesis. *Journal of Applied Physiology*, 66(1), 498-503.
103. Vermeulen, A., Goemaere, S., & Kaufman, J. M. (1999). Testosterone, body composition and aging. *Journal of endocrinological investigation*, 22(5 Suppl), 110-116.
104. Hooper, D. R., Kraemer, W. J., Saenz, C., Schill, K. E., Focht, B. C., Volek, J. S., & Maresh, C. M. (2017). The presence of symptoms of testosterone deficiency in the exercise-hypogonadal male condition and the role of nutrition. *European Journal of Applied Physiology*, 117(7), 1349-1357.
105. Deuster, P. A., Hodgson, A. B., Stear, S. J., Burke, L. M., & Castell, L. M. (2013). A–Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance: Part 46. *British journal of sports medicine*, 47(12), 809-810.
106. Moëzzi, N., Peeri, M., & Matin, H. (2013). Effects of zinc, magnesium and vitamin B6 supplementation on hormones and performance in weightlifters. *Ann. Biol. Res*, 4, 163-168.
107. Brilla, L. R., & Conte, V. (2000). Effects of a Novel Zinc-Magnesium Formulation on Hormones and Strength. *Journal of Exercise Physiology Online*, 3(4).
108. Wilborn, C. D., Kerksick, C. M., Campbell, B. I., Taylor, L. W., Marcello, B. M., Rasmussen, C. J., ... & Kreider, R. B. (2004). Effects of zinc magnesium aspartate (ZMA) supplementation on training adaptations and markers of anabolism and catabolism. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(2), 1-9.
109. Topo, E., Soricelli, A., D’Aniello, A., Ronsini, S., & D’Aniello, G. (2009). The role and molecular mechanism of D-aspartic acid in the release and synthesis of LH and testosterone in humans and rats. *Reproductive Biology and Endocrinology*, 7(1), 1-11.
110. D’Aniello, G., Ronsini, S., Notari, T., Grieco, N., Infante, V., D’Angel, N., ... & D’Aniello, A. (2012). D-Aspartate, a Key Element for the Improvement of Sperm Quality. *Advances in Sexual Medicine*, 2(4).
111. Willoughby, D. S., & Leutholtz, B. (2013). D-Aspartic acid supplementation combined with 28 days of heavy resistance training has no effect on body composition, muscle strength, and serum hormones associated with the hypothalamo-pituitary-gonadal axis in resistance-trained men. *Nutrition research*, 33(10), 803-810.
112. Willoughby, D. S., Spillane, M., & Schwarz, N. (2014). Heavy resistance training and supplementation with the alleged testosterone booster nmda has no effect on body composition, muscle performance, and serum hormones associated with the hypothalamo-pi-

- tuitary-gonadal axis in resistance-trained males. *Journal of sports science & medicine*, 13(1), 192.
113. Melville, G. W., Siegler, J. C., & Marshall, P. W. (2017). The effects of d-aspartic acid supplementation in resistance-trained men over a three month training period: A randomised controlled trial. *PloS one*, 12(8), e0182630.
 114. Neychev, V., & Mitev, V. (2016). Pro-sexual and androgen enhancing effects of Tribulus terrestris L.: fact or fiction. *Journal of ethnopharmacology*, 179, 345-355.
 115. Chhatre, S., Nesari, T., Somani, G., Kanchan, D., & Sathaye, S. (2014). Phytopharmacological overview of Tribulus terrestris. *Pharmacognosy reviews*, 8(15), 45.
 116. Qureshi, A., Naughton, D. P., & Petroczi, A. (2014). A systematic review on the herbal extract Tribulus terrestris and the roots of its putative aphrodisiac and performance enhancing effect. *Journal of dietary supplements*, 11(1), 64-79.

