

---

# Nutrientes en la práctica deportiva

---

PID\_00246948

Jose Antonio Latorre Rodríguez  
Miguel Mariscal Arcas

---

Tiempo mínimo de dedicación recomendado: 3 horas

---





# Índice

<b>Introducción</b> .....	5
<b>1. Hidratos de carbono en el deporte</b> .....	7
1.1. Intensidad y duración del ejercicio .....	7
1.2. Efecto del entrenamiento .....	8
1.3. Manipulación dietética .....	8
1.4. Índice glucémico y carga glucémica .....	8
1.5. Recomendaciones, utilización y necesidades en el entrenamiento y la competición .....	9
1.5.1. Ingesta de hidratos de carbono antes de la sesión (entrenamiento/competición) .....	9
1.5.2. Ingesta de hidratos de carbono durante la sesión (entrenamiento/competición) .....	10
1.5.3. Ingesta de hidratos de carbono después de la sesión (entrenamiento/competición) .....	11
<b>2. Lípidos en el deporte</b> .....	12
<b>3. Proteínas en el deporte</b> .....	14
3.1. Indicadores de calidad de las proteínas .....	15
3.2. Metabolismo proteico .....	15
3.3. Ingesta de proteínas antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición) .....	17
3.3.1. Ingesta general recomendada .....	17
3.3.2. Ingesta óptima de recuperación .....	17
3.3.3. Suplementación proteica .....	17
3.3.4. Aminoácidos ramificados .....	18
<b>4. Vitaminas en el deporte</b> .....	19
4.1. Vitaminas liposolubles .....	20
4.2. Vitaminas hidrosolubles .....	21
4.3. ¿Pueden las deficiencias vitamínicas afectar al rendimiento? ....	23
4.4. Ingesta de vitaminas antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición) .....	23
<b>5. Minerales en el deporte</b> .....	24
5.1. Calcio en el deporte .....	25
5.2. Sodio en el deporte .....	26
5.3. Potasio en el deporte .....	27
5.4. Fósforo en el deporte .....	28
5.5. Magnesio en el deporte .....	28

5.6. Zinc en el deporte .....	29
5.7. Selenio en el deporte .....	30
5.8. Hierro en el deporte .....	30
5.9. Cromo en el deporte .....	31
5.10. Cobre en el deporte .....	31
5.11. Ingesta de minerales antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición) .....	32
<b>6. Agua y electrolitos en el deporte.....</b>	<b>33</b>
6.1. Funciones del agua durante el ejercicio físico .....	33
6.2. El agua corporal en el deportista .....	33
6.3. Balance hídrico .....	34
6.4. Indicadores del estado de hidratación .....	35
6.5. Hidratación en el deportista .....	35
6.5.1. Hidratación antes del ejercicio .....	36
6.5.2. Rehidratación durante el ejercicio .....	37
6.5.3. Reposición después del ejercicio .....	37
<b>Bibliografía.....</b>	<b>39</b>

## Introducción

La actividad física requiere energía (mediante la ayuda del trifosfato de adenosina, ATP) que pueda ser consumida por las fibras musculares para producir el trabajo físico. Sin embargo, la concentración de dicha molécula en la célula es muy escasa, por lo que es necesaria su reposición continua. Este nuevo ATP se obtendrá del catabolismo de moléculas complejas como fosfocreatina, hidratos de carbono y lípidos. Las contribuciones de dichos nutrientes al aporte energético durante el ejercicio será variable y dependerá de la intensidad, el tiempo y el tipo de ejercicio en cada caso, entre otros factores.

De forma general los hidratos de carbono serán la fuente de energía más importante del deporte. De su ingesta habitual, su ingesta durante el ejercicio cuando sea necesario y, sobre todo, su ingesta en recuperación dependerán en gran medida las reservas glucogénicas que derivan en un rendimiento deportivo óptimo, de modo que permitirán al deportista un máximo aprovechamiento de sus sesiones de entrenamiento y competición.

Los lípidos, por su parte, serán sustratos energéticos importantes para pruebas y modalidades deportivas de duración considerable, que requieren ahorros de glucógeno para los tramos finales del ejercicio. El organismo y el sistema muscular de las personas que practican este tipo de deportes está mejor adaptado al uso de sustratos lipídicos merced al entrenamiento, y es por ello que se desaconseja el seguimiento de dietas demasiado bajas en lípidos.

Es necesario considerar que las necesidades proteicas en el deporte responden más a una función estructural que energética. La ingesta proteica es fundamental, ya que permitirá restituir y reparar tejidos dañados por la exigencia física, además de ser la base de la remodelación y el equilibrio proteico. Las necesidades de proteínas, incluso en deportes de fuerza y al contrario de la creencia popular, son siempre muy inferiores a las de hidratos de carbono y lípidos, y será necesario poner el foco en la calidad de las proteínas de la ingesta para el caso del deportista en concreto, y así asegurar estas funciones. Es necesario ser cautelosos con el uso de suplementación proteica para deportistas, ya que su beneficio no está establecido, de modo que reservaremos esta opción para ocasiones en las que la ingesta de alimentos se vea comprometida.

Los minerales y las vitaminas tienen un amplio abanico de funciones, todas de gran importancia en el deporte. El seguimiento de una dieta equilibrada que siga las recomendaciones vigentes en cuanto a consumo de alimentos, energía y macronutrientes ha de ser suficiente para evitar la aparición de deficiencias de estos nutrientes; además, debemos tener en cuenta la calidad de los alimentos consumidos.

La hidratación, junto con el consumo de hidratos de carbono, es uno de los factores de mayor interés para el deportista dado su impacto como limitante del rendimiento. La estrategia para la consecución de un buen balance hídrico pasa por cuidar la ingesta líquida durante las veinticuatro horas del día y no solo en entrenamiento y competición. Es conveniente considerar que un deportista no logrará un estado hídrico óptimo si no ha trabajado la hidratación con anterioridad a las sesiones. Una vez cubierto este objetivo, la atención nutricional se centrará en cuánto, cuándo y qué beber para mantener el equilibrio y minimizar las pérdidas durante el ejercicio. Tanto la temporalización como la composición de la bebida variará en función de la exigencia y duración de los eventos, así como de las condiciones del entorno en el que se lleven a cabo.

## 1. Hidratos de carbono en el deporte

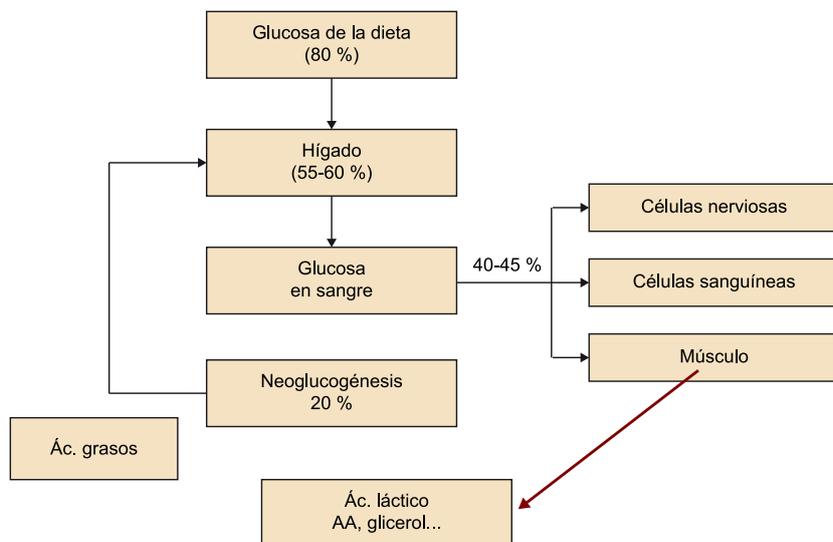
Los hidratos de carbono (HC), que pueden degradarse mediante ambas vías – anaeróbica (obtención rápida de ATP) y aeróbica (obtención progresiva y lenta)–, son sustratos que pueden formar reservas de glucógeno, almacenándose en el músculo y el hígado.

### Ejemplo

Un sujeto de 70 kg de peso almacenará unos 450 g de glucógeno en sus músculos y unos 70 g en el hígado, además de una pequeña cantidad en sangre.

Durante el ejercicio, el glucógeno será utilizado como combustible, reconvirtiéndose en glucosa (glucogenolisis), para los músculos demandantes de energía. Cuando el glucógeno se agote, el hígado aumentará la producción de glucosa a partir de otros precursores (neoglucogénesis) pero, por el contrario, el exceso de HC una vez satisfecha la capacidad de la célula para almacenarlos se convertirá en grasa (triglicéridos).

Figura 1. Destino de la glucosa de la ingesta



Fuente: modificado de R. M. Ortega y col.

El almacenamiento y uso del glucógeno durante el ejercicio puede ser modificado por la dieta y por el entrenamiento, de manera que la mezcla final de combustibles utilizados dependerá de la intensidad y duración del ejercicio, del estado de la forma física (entrenamiento) y del estado nutricional.

### 1.1. Intensidad y duración del ejercicio

En ejercicios cortos de mucha intensidad, el glucógeno muscular y la glucosa proveerán la mayor parte de la energía por la vía glucolítica anaeróbica. A medida que aumenta la duración y disminuye la intensidad, cobrará importancia

la vía aeróbica y el uso de grasas como combustible. Así en ejercicios prolongados las grasas se convertirán en el sustrato principal, aunque los hidratos de carbono serán de gran importancia tanto al inicio de la actividad (se usan hasta que la vía aeróbica está disponible) y cuando el aporte de oxígeno no satisface las demandas del metabolismo aeróbico (aumento de intensidad, final de la prueba, esprint).

### **1.2. Efecto del entrenamiento**

El entrenamiento de resistencia consigue una menor dependencia energética de los hidratos de carbono, ya que produce un aumento en el número de mitocondrias y una mayor eficacia de los mecanismos enzimáticos responsables de la oxidación de ácidos grasos, lo que conlleva un ahorro de glucógeno que estará disponible para el deportista durante el esfuerzo final.

### **1.3. Manipulación dietética**

Existen modificaciones de la dieta destinadas a lograr un aumento en las reservas glucogénicas, ya que la depleción de estas reservas es una de las razones (no la única) de la aparición de la fatiga.

Como regla general, la dieta del deportista debe ser muy alta en hidratos de carbono; sin embargo, existen métodos de «supercompensación» o «sobrecarga de hidratos de carbono» (usado en resistencia), basados en un vaciado de la reserva mediante una dieta baja en hidratos de carbono y entrenamiento de alta exigencia, siendo este el mejor estímulo para que se produzca la supercompensación. A continuación se lleva a cabo un periodo de entrenamiento suave y dieta alta en hidratos de carbono, con lo que se consiguen grandes aumentos en los depósitos de glucógeno muscular. Para estas técnicas se utilizarán hidratos de carbono complejos y con un alto índice glucémico, restringiendo los alimentos ricos en fibras.

### **1.4. Índice glucémico y carga glucémica**

**Índice glucémico [Glycemic Index (IG)]:** expresa la velocidad de elevación de la glucosa en sangre tras la ingestión de un determinado alimento. Se expresa en forma de porcentaje y siempre en relación con la glucosa (índice glucémico del 100 %). No se pueden asociar los conceptos de índice glucémico e hidratos de carbono simples, pues existen hidratos de carbono complejos con un mayor índice glucémico, como por ejemplo la patata. El índice glucémico depende de la estructura química del hidrato de carbono, la velocidad de vaciamiento gástrico y la velocidad de absorción intestinal.

**Carga glucémica [Glycemic Load (GL)]:** evalúa el impacto del consumo de hidratos de carbono. Además de tener en cuenta la rapidez con la que un hidrato de carbono se transforma en azúcar (característica que mide el IG), considera la cantidad de hidrato de carbono que contiene el alimento.

$$GL = [\text{cantidad de HC en una porción de alimento (g)} \times \text{IG}] / 100$$

Tabla 1. Diferencias en la clasificación de frutas según su índice glucémico (IG) o su carga glucémica (CG)

		Alimento	IG	CG	Alimento
Frutas +		Sandía	72	72	Plátano
		Melón	65	65	Piña
		Piña	59	59	Manzana
		Plátano	51	51	Naranja
		Naranja	48	48	Melocotón
		Melocotón	42	42	Pera
		Pera	38	38	Sandía
-		Manzana	38	38	Melón
		Fructosa	19	19	Fructosa

\* IG <55: BAJO; IG 55-70: MEDIO; IG >70: ALTO

Fuente: modificado de F. S. Atkinson y col.

### 1.5. Recomendaciones, utilización y necesidades en el entrenamiento y la competición

Se estima que la energía aportada en forma de hidratos de carbono debe ser de entre el 55 % y 60 % del total de la energía ingerida con una gran carga de hidratos de carbono complejos, aunque las últimas recomendaciones de la FAO hablan de llegar hasta el 75 % de la energía. Las fuentes de los hidratos de carbono simples son la miel, frutas, azúcar, pastelería, etc., mientras que las de hidratos de carbono complejos son fundamentalmente los cereales y derivados: pan, pastas, arroz, legumbres, patatas, hortalizas, etc.

Tabla 2. Porcentaje de energía en forma de HC recomendado según el tipo de actividad

Macronutriente	% de la energía ingerida		
	Hidratos de carbono	Población general	Deportistas
	50-60 %	55-65 %	60-70 %

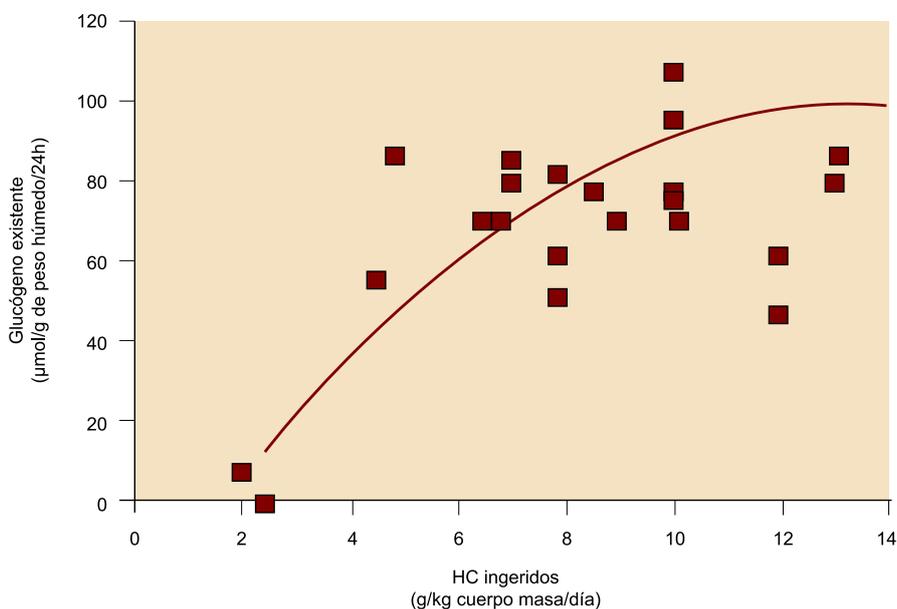
#### 1.5.1. Ingesta de hidratos de carbono antes de la sesión (entrenamiento/competición)

El deportista debe evitar alimentos fuente de hidratos de carbono (fundamentalmente simples, glucosa) durante los 30-60 minutos previos al ejercicio, pues puede provocarse una hipoglucemia reactiva, que conduce al agotamiento y

la fatiga. Este hecho (que no se produce con la fructosa) no ocurre durante el ejercicio puesto que este estimula la liberación de hormonas (catecolaminas, glucagón) que inhiben la liberación de insulina y propician la obtención de glucosa a partir del glucógeno hepático.

El consumo entre las seis y las tres horas anteriores a la competición de alimentos ricos en hidratos de carbono de alto índice glucémico y bajo en fibras, grasas y proteínas tiene unos efectos claramente beneficiosos. En este sentido se recomienda un aporte general de unos 200-300 g de hidratos de carbono entre una y cuatro horas antes del ejercicio, lo que corresponde a un consumo de 1 y 4 g/kg de peso.

Figura 2. Efectos de una dieta alta en hidratos de carbono sobre la reserva glucogénica muscular



Fuente: modificado de J. L. Ivy, 2004

### 1.5.2. Ingesta de hidratos de carbono durante la sesión (entrenamiento/competición)

La ingesta de hidratos de carbono durante la sesión (bebidas) aumenta la capacidad de mantener la intensidad de ejercicio durante más tiempo y contribuye a lograr mayores intensidades al final del ejercicio prolongado, merced al ahorro de glucógeno. Además, durante los ejercicios prolongados se reducen los niveles plasmáticos de aminoácidos ramificados respecto al triptófano libre, lo que conduce a la aparición de la fatiga, situación que empeora por el incremento de ácidos grasos libres en sangre que se unen a la albúmina liberando aun más triptófano. El uso de hidratos de carbono reduce los niveles de triptófano libre y su relación con los niveles de aminoácidos ramificados, ya que inhibe la movilización de ácidos grasos que no competirán con el triptófano para unirse a la albúmina.

Las recomendaciones de consumo de hidratos de carbono durante el ejercicio varían en función de la duración de la sesión y la exigencia. Algunos deportistas adaptados podrán incluir fuentes sólidas durante el ejercicio (como ocurre en el ciclismo) o aprovechando los descansos (como sucede en el tenis), pero por lo general se aportarán en la bebida deportiva, cuya concentración no deberá exceder el 8-9 % de hidratos de carbono para evitar problemas digestivos. La frecuencia y volumen de la ingestión de bebida con hidratos de carbono dependerá de la duración del evento, de modo que un evento cuya duración será menor de treinta minutos no requerirá la inclusión de hidratos de carbono y cantidades insignificantes en los treinta minutos siguientes. A partir de la primera hora se recomienda la inclusión de treinta gramos, sesenta gramos para la segunda y cantidades de noventa gramos a partir de la tercera hora de ejercicio.

### **1.5.3. Ingesta de hidratos de carbono después de la sesión (entrenamiento/competición)**

El glucógeno se agotará aproximadamente a la hora y media o dos horas de ejercicio intenso, lo que hace de la recuperación de esta reserva un objetivo fundamental de la nutrición en el deporte. Este proceso es más rápido al principio, por ello es conveniente la ingestión de hidratos de carbono con alto IG especialmente en las seis horas posteriores al ejercicio, siguiendo una pauta de 40-60 g al finalizar la sesión y otro tanto cada dos horas, intentando lograr un aporte total de 10 g/kg en las veinticuatro horas siguientes.

Se requieren hasta cuarenta y ocho horas para reponer por completo el glucógeno muscular, por ello habría que ajustar las dosis de hidratos de carbono y el nivel de entrenamiento para ejercicios de resistencia desarrollados en días sucesivos, ya que serían necesarios dos días de reposo o de entrenamiento más ligero para restablecer el nivel preejercicio de glucógeno muscular.

Tras ejercicios breves e intermitentes de gran intensidad no necesitaremos estas técnicas para la reposición del glucógeno, puesto la depleción nunca llega a ser total y las fibras implicadas tienen mayor facilidad de reabastecimiento.

## 2. Lípidos en el deporte

Los lípidos son importantes para el rendimiento deportivo por varias razones:

- Los ácidos grasos poliinsaturados (AGP) disminuyen la adhesión plaquetaria, reducen los niveles plasmáticos de colesterol y triglicéridos y mejoran la fluidez de la membrana. Dichos efectos podrían mejorar la captación muscular de oxígeno y nutrientes en el músculo esquelético, reduciendo la inflamación causada por la fatiga muscular y, finalmente, estimulando el metabolismo aeróbico por aumento del  $\text{VO}_2$  máx.
- Los ácidos grasos saturados (AGS), aunque no deban de superar el 7-10 % del total de la energía de la dieta, son necesarios, puesto que una disminución importante de su ingesta y el aumento del ratio AGS/AGP y AGM produce una disminución de los niveles de testosterona circulante (hormona anabólica).
- Tienen una función energética durante el ejercicio.

La beta oxidación de ácidos grasos en la mitocondria (vía aeróbica) hace que las grasas sean unas reservas ilimitadas para la práctica deportiva. Además, ocupan poco espacio acumulando mayor energía (su oxidación supone 9 kcal/g frente a las 4 kcal/g de los hidratos de carbono). Los ácidos grasos oxidados en la célula provienen de triglicéridos almacenados en el tejido adiposo, en el músculo, y los de las proteínas circulantes. El músculo esquelético contiene una cierta cantidad de triglicéridos que supondrán aproximadamente el 50 % del total de ácidos grasos oxidados durante el ejercicio físico.

El uso de los lípidos como combustible energético depende de:

**1) Intensidad del ejercicio.** Los ácidos grasos son el sustrato principal durante el reposo y las actividades de baja intensidad y se produce una inversión de sustratos a favor de los hidratos de carbono a partir de intensidades del 50-65 % del  $\text{VO}_2$  máx, siendo esta exclusiva a partir de intensidades cercanas al 95 % del  $\text{VO}_2$  máx.

**2) Duración del ejercicio.** El uso de combustibles lipídicos aumenta con la duración del ejercicio. Este fenómeno responde al intento corporal de ahorro de glucógeno, ya que se necesita una cantidad mínima de glucosa para metabolizar las grasas.

**3) Dieta.** Una dieta alta en hidratos de carbono favorecerá una menor oxidación de lípidos desde el principio de la actividad y una oxidación alta de hidratos de carbono. Del mismo modo, una dieta pobre en hidratos de carbono hará que los ácidos grasos se utilicen en mayor proporción desde el inicio y que su utilización alcance intensidades de ejercicio superiores.

La oxidación de grasas no se incrementa al mismo tiempo que aumenta el aporte en la dieta, por tanto, ante un exceso de ingesta grasa en relación con los otros macronutrientes y una vez se equilibre la oxidación con el nuevo depósito, el deportista volverá al equilibrio lipídico, con un incremento de peso corporal. Las necesidades de lípidos para deportistas no difieren de las de la población general, con un 20-35 % de la ingesta energética total (alcanzando el 35 % únicamente si el aceite de oliva virgen extra es la principal fuente de lípidos en la dieta).

**Tabla 3. Porcentaje de energía en forma de lípidos recomendado según el tipo de actividad**

Macronutriente	% de la energía ingerida		
	Lípidos	Población general	Deportistas
	30-35 %	20-33 %	20-30 %

Fuente: modificado de R. M. Ortega y col.

El objetivo lipídico en deportistas de resistencia debe ser un consumo que permita cubrir las reservas intramusculares de grasa asegurando las reservas de glucógeno.

**4) Ingesta de lípidos antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición).** El trabajo nutricional referente a los lípidos debe ser previo a las sesiones y con un carácter más bien diario, intentando seguir las recomendaciones generales de ingesta para deportistas. Se requieren aportes lipídicos reducidos en las ingestas previas a la sesión, limitando su consumo a las cuatro horas anteriores al evento, puesto que muchos deportistas reportan dificultades digestivas y no se han demostrado beneficios en el rendimiento debido a su uso. Este hecho se hace extensivo al consumo durante la sesión y la recuperación.

### 3. Proteínas en el deporte

Resulta obvio que la dieta influye en el metabolismo proteico. Esto se demuestra por el hecho de que una ingesta por debajo del límite inferior del requerimiento conduce a largo plazo a la caquexia. Por ello, debemos tener en cuenta las recomendaciones proteicas según la FAO para la población adulta sana (incluida la población deportista) que son del 10-15 % de la energía total ingerida.

**Tabla 4. Porcentaje de energía en forma de proteínas recomendado según el tipo de actividad**

Macronutriente	% de la energía ingerida		
	Lípidos	Población general	Deportistas
	10-12 %	12-15 %	10-12 %

Fuente: modificado de R. M. Ortega y col.

Sin embargo hay un límite máximo en la eficiencia de la dieta para estimular la biosíntesis de proteínas, considerando en general que cantidades superiores a los 2 g de proteínas por kilogramo de peso al día no son necesarias, ni presentan ningún beneficio frente a dietas de contenido proteico algo menor.

Algunos trabajos indican que una ingesta incrementada de proteínas conduce a un aumento en la oxidación de determinados aminoácidos, y, por tanto, a un ligero uso de compuestos nitrogenados en la producción de energía; sin embargo, este hecho solo ocurre en personas no entrenadas (normalmente en disciplinas de resistencia) en las primeras fases de su aclimatación a la vida deportiva, y no en deportistas entrenados. Por otro lado, existe la creencia de que una dieta hiperproteica conduce a una hipertrofia muscular. La evidencia científica desmiente este mito, de hecho algunos trabajos ensayaron dietas hiperproteicas en deportistas de resistencia, obteniendo que la ratio de síntesis fue menor según se incrementaba la ingesta proteica (por encima de las recomendaciones).

**Tabla 5. Valores de ingesta recomendada para proteínas en gramos, según tipo de deporte**

<b>Población General</b>	<b>0,8 g/kg/día</b>
Entrenamiento de resistencia	1,2-1,4 g/kg/día
<b>Entrenamiento de fuerza</b>	<b>1,7-1,8 g/kg/día</b>

Fuente: modificado de R. M. Ortega y col.

### 3.1. Indicadores de calidad de las proteínas

Cada proteína en un alimento está compuesta por una mezcla particular de aminoácidos y puede o contener la totalidad de los aminoácidos esenciales o no contenerlos. En función de la cantidad de aminoácidos esenciales se entiende el concepto de calidad proteica. Una proteína de buena calidad es la que suministra los aminoácidos esenciales y además lo hace en las cantidades que el organismo requiere. Cuanto más se satisfagan esas cantidades, mayor será la calidad de esa proteína. Ocurre lo contrario cuando se habla de una proteína de mala calidad. Son fuentes alimentarias de proteínas de buena calidad el huevo, que contiene una proteína que se considera patrón o proteína de referencia y, en menor grado, los productos de origen animal, como la leche, la carne, el pescado y, entre los vegetales, las leguminosas. Por otra parte, los cereales se consideran fuentes alimentarias de proteínas de menor calidad.

Además del patrón de aminoácidos y su aporte de aminoácidos esenciales, es conveniente, en el caso de los deportistas, considerar la velocidad de absorción de las proteínas, de modo que la absorción es más rápida para aquellas proteínas solubles en pH ácido (como el entorno estomacal), por ejemplo las presentes en el suero de leche y la soja. Por otro lado, la absorción es más lenta para la caseína, que se coagula en este entorno. En general las proteínas ricas en aminoácidos esenciales serán de absorción rápida, como sucede con las presentes en la leche o el huevo.

En el organismo no existen reservorios de proteína; se encuentran formando parte de estructuras tisulares, o como constituyentes de sistemas metabólicos, hormonales o de transporte. Integran del 12 al 15 % de la masa corporal, aunque el contenido proteico varía considerablemente de una célula a otra.

Los aminoácidos y péptidos que se absorben sufren diferentes destinos metabólicos, tanto anabólicos o de construcción, como catabólicos o de destrucción.

### 3.2. Metabolismo proteico

**Anabolismo proteico.** Los aminoácidos se emplean en la síntesis de proteínas con tres fines distintos:

- Recambio de proteínas corporales.
- Reconstrucción de proteínas de estructuras dañadas en algún proceso patológico.
- Crecimiento corporal en gestación, infancia y adolescencia.

**Catabolismo proteico.** El organismo degrada proteínas en las siguientes situaciones:

- Degradación fisiológica de proteínas corporales.
- Degradación de aminoácidos excesivos de la dieta.

Las proteínas se procesan fundamentalmente en el hígado, que sintetiza los aminoácidos y las proteínas para satisfacer las diversas necesidades. La síntesis proteica se lleva a cabo por reacciones de transaminación y desaminación. En la transaminación, el nitrógeno de un aminoácido se utiliza para la síntesis de otro; en la desaminación, el grupo amino se elimina del aminoácido y se convierte en amoniaco. El cetoácido restante puede tener varios destinos:

- Transformarse en grasa.
- Ser convertido en glucosa (gluconeogénesis).
- Ser utilizado para obtener energía.

En las personas bien nutridas en reposo, el catabolismo proteico cubre del 2 al 5 % de las necesidades energéticas. En estados como el ejercicio prolongado y algunas situaciones de enfermedad, aumenta el catabolismo de las proteínas para atender a las mayores demandas energéticas.

Muchos aminoácidos, además de su papel en la síntesis de proteína, tienen importantes funciones específicas dentro de la fisiología celular, algunas de las cuales se resumen a continuación:

- Ácido glutámico: síntesis de GABA. Fundamental en reacciones de desaminación.
- Alanina: síntesis de glucosa y urea.
- Arginina: síntesis de urea. Sustrato para la síntesis de óxido nítrico y creatina.
- Aspartato: síntesis de urea y glucosa. Síntesis de purinas y pirimidinas.
- Cisteína: antioxidante y precursor de la taurina, implicada en la formación de sales biliares. Síntesis de glutatión.
- Glicina: síntesis de sales biliares. Síntesis de grupo hemo. Neurotransmisor. Síntesis de creatina.
- Glutamina: fuente de  $\text{NH}_3$ . Aporta grupos amino en numerosas reacciones químicas. Transportador de nitrógeno en la sangre. Sustrato energético para los enterocitos y células del sistema inmune.
- Histidina: precursora de la histamina.
- Lisina: biosíntesis de carnitina y formación de colágeno.
- Metionina: síntesis de carnitina, colina, cistina y otros compuestos con azufre.
- Fenilalanina: precursora de la tirosina, ambos aminoácidos son precursores de catecolaminas (adrenalina y noradrenalina), hormonas tiroideas y dopamina.
- Serina: constituyente de fosfolípidos y esfingosina.

- Triptófano: precursor de serotonina y de la vitamina niacina.

### **3.3. Ingesta de proteínas antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición)**

Al igual que ocurría con los lípidos, el trabajo nutricional referente a componentes proteicos se centra en cumplir las recomendaciones a diario y en la ingestas de recuperación tras las sesiones, de forma que sean completas, equilibradas y variadas.

#### **3.3.1. Ingesta general recomendada**

En general, la ingesta de 1,21-1,7 g/kg/día es suficiente para facilitar la adaptación, reparación, remodelación y equilibrio proteicos. Como ya vimos al comienzo de este apartado, la ingesta de proteínas por encima de las recomendaciones no presenta ventajas para el deportista. Este hecho se puede hacer extensivo a todos los momentos del ciclo de entrenamiento y competición.

#### **3.3.2. Ingesta óptima de recuperación**

Para garantizar la recuperación, se recomienda la ingesta de 20-25 g de proteínas de alta calidad –presentes en los lácteos, huevos y carnes magras– durante las dos horas posteriores a las sesiones.

En ocasiones será necesaria una ganancia de masa muscular de cara a adquirir la composición corporal óptima para la competición. Estos objetivos tendrán lugar en el periodo de base y para ello será necesario combinar una planificación de entrenamiento de fuerza en las sesiones con estrategias de aumento de la energía en la ingesta, sobre todo sobre la base de un aumento de la ingesta de hidratos de carbono, acompañados de pequeñas cantidades de proteínas de alta calidad. De este modo, añadiendo unas 300-500 kcal diarias en forma de hidratos de carbono y proteínas en relación 4/1 y un programa de ejercicio intenso, se puede lograr el aumento de 0,5 kg/semana de masa muscular.

#### **3.3.3. Suplementación proteica**

Como se ha señalado, la ingesta proteica que supera las recomendaciones no ha demostrado ventajas en el mundo deportivo, de modo que ingestas superiores a 2 g/kg/día deberían descartarse en el diseño de la dieta de cualquier deportista. Como sucede para el resto de nutrientes, el deportista debe optar por el formato natural siempre que las circunstancias lo permitan, puesto que las fuentes naturales tienen ventajas en términos de calidad, sinergias entre sus nutrientes y coste, entre otras. Cuando la ingesta de alimentos se pueda ver comprometida, se deberá hacer uso de la suplementación (con previo asesoramiento adecuado), para lo que las fuentes de mayor calidad son las proteínas derivadas de la leche y el huevo.

### **3.3.4. Aminoácidos ramificados**

La ingesta de mezclas de aminoácidos ramificados (principalmente leucina, valina e isoleucina) antes y tras las sesiones parece tener efectos anabólicos y anticatabólicos. Sin embargo, no hay evidencias de suficiente peso como para determinar su eficacia sobre el rendimiento deportivo.

## 4. Vitaminas en el deporte

Desde el punto de vista de la capacidad física y el rendimiento deportivo, es indispensable mantener un nivel adecuado de todas las vitaminas. De forma habitual se ha encontrado que niveles deficientes de vitaminas provocan disminuciones en el rendimiento deportivo, basado tanto en la determinación por un tiempo prolongado de la ingesta de la vitamina en cuestión como en la medida de diferentes indicadores de sus niveles en el organismo.

Se tienen evidencias muy claras de que deficiencias medibles de tiamina, riboflavina, piridoxina, vitamina C y vitamina E provocan una disminución de la capacidad física. Existe cierta controversia o falta de estudios sobre el posible efecto de la deficiencia de otras vitaminas, pero se sabe que determinadas vitaminas participan en procesos «no metabólicos» aunque de especial relevancia para el deportista: en la resistencia a infecciones y al sobreentrenamiento, en la prevención y reparación del daño muscular y de lesiones músculo esqueléticas y en la capacidad mental del deportista.

En cuanto a los suplementos, no se han demostrado mejoras del rendimiento o de la capacidad física cuando los sujetos de partida presentaban niveles adecuados de vitaminas. Por tanto, los deportistas que siguen una dieta equilibrada con abundante fruta y verdura frescas no necesitan tomar suplementos vitamínicos adicionales para mejorar su capacidad deportiva.

**Tabla 6. Efectos más importantes de las vitaminas sobre las funciones corporales en relación con el deporte**

		Cofactores y activadores del metabolismo energético	Función nerviosa y contracción muscular	Síntesis de hemoglobina	Función inmune	Función antioxidante	Metabolismo óseo
Vitaminas hidrosolubles	Tiamina	X	X				
	Riboflavina	X	X				
	B6	X	X	X	X		
	Á. fólico		X	X			
	B12		X	X			
	Niacina	X	X				

	Á. pan- toté- nico	X					
	Bio- tina	X					
	C				X	X	
Vitaminas liposolu- bles	A				X	X	
	D						X
	E				X	X	

Para el estudio del estado vitamínico corporal sobre todo en deportistas, además de signos clínicos se utilizan preferentemente indicadores bioquímicos. Los trabajos científicos revelaron que son mínimas o no hay diferencias entre las cantidades circulantes de vitaminas del grupo B, vitamina C, vitamina A y vitamina E entre los deportistas entrenados y los controles.

#### 4.1. Vitaminas liposolubles

Las vitaminas liposolubles son las siguientes:

- **Vitamina A:** debido a su participación en el proceso de diferenciación celular, se considera que una ingesta óptima de vitamina A es crucial para el mantenimiento de la salud, la capacidad física y la capacidad de recuperación del ejercicio extenuante.
- **Vitamina D:** la función esencial de la vitamina D es el mantenimiento de la homeostasis del calcio y del fósforo para la correcta formación y mantenimiento de los huesos, la función neuromuscular y otros procesos celulares. Cuando es necesario, activa los procesos de absorción de calcio para mantener sus niveles en valores adecuados. No ha existido un interés especial en la posible relación entre la vitamina D y el rendimiento deportivo.
- **Vitamina E:** es un importante antioxidante en los medios lipófilos, especialmente las membranas celulares. En este sentido es especialmente relevante su papel durante la actividad física extenuante, que da lugar a una situación de estrés oxidativo.
- **Vitamina K:** el término *vitamina K* comprende un grupo de compuestos que incluyen todos ellos el anillo 2-metil-1,4-naftoquinona. Es una vitamina fundamental y tiene como función más conocida, en el proceso de coagulación de la sangre donde participa juntamente con el calcio, la activación de la protrombina, así como otros factores de coagulación, que iniciarán la formación del coágulo. Además, existen otras proteínas dependientes de la vitamina K, como por ejemplo la osteocalcina (que participa en la formación del hueso) y otras proteínas que se encuentran, además de en el propio hueso, en la dentina y en el cartílago. Estas proteínas también son parcialmente dependientes de la vitamina D, indicando una interacción entre las vitaminas D y K que sería esencial para el mantenimiento

del tejido óseo. No existen estudios publicados sobre el efecto de diferentes niveles de vitamina K sobre la actividad física.

## 4.2. Vitaminas hidrosolubles

Las vitaminas hidrosolubles son:

- **Vitamina C (ácido ascórbico):** además de ser un importante antioxidante, la vitamina C tiene otras funciones esenciales en el organismo relacionadas con la actividad física. Interviene como cofactor en la síntesis del colágeno, proteína que es un componente esencial de los tejidos conectivos (tendones, cartílagos, ligamentos, huesos, vasos sanguíneos, etc). También es necesaria para la formación de la carnitina (ingreso de ácidos grasos de cadena larga en la mitocondria), y participa en el sistema inmunitario, en la mejora de la absorción y el metabolismo del hierro (entre otras características, puede transformar la forma férrica en la forma ferrosa, con mayor biodisponibilidad). Además, participa en el correcto metabolismo del colesterol y de ciertos aminoácidos, en la desintoxicación y en la síntesis de algunas hormonas (catecolaminas como la adrenalina y también corticoides antiinflamatorios). Por tanto, son varias las formas en las que la vitamina C puede influir sobre la capacidad física. Un déficit puede derivar en mayor riesgo de lesión y peor recuperación, menor capacidad para oxidar ácidos grasos, con el consiguiente uso incrementado de glucógeno y su agotamiento prematuro o cuadros de anemia. Una alimentación rica en frutas y verduras frescas es suficiente para lograr unos niveles adecuados de vitamina C.
- **Vitaminas del complejo B:** de forma general este grupo de vitaminas participa en el metabolismo energético, es decir, en la obtención de energía a partir de los alimentos. Mantener unos niveles adecuados de estas vitaminas será esencial para conservar un rendimiento deportivo adecuado. Además, existe una relación muy estrecha entre todas ellas, de forma que la deficiencia de una puede dificultar la acción de las demás. Se requiere un aporte continuo de ellas, ya que su vida media en el organismo suele ser corta. A continuación se explican detalladamente:
  - **Vitamina B1 (tiamina):** su importancia radica en su participación como coenzima en el metabolismo de los hidratos de carbono y de los aminoácidos ramificados. En este sentido participa en la obtención de energía en el ciclo de Krebs y en el de las pentosas fosfato. Además, entre otras funciones, participa en la síntesis de acetilcolina del sistema nervioso.
  - **Vitamina B2 (riboflavina):** es un precursor para la síntesis de las coenzimas flavina mononucleótido (FMN) y flavina adenina dinucleótido (FAD), implicadas de forma esencial en la glicólisis, el ciclo de Krebs y la beta oxidación de los ácidos grasos. También está implicada en la conversión de la vitamina B6 en su forma de coenzima activa.
  - **Vitamina B3 (niacina):** niacina es el término genérico que se utiliza para referirse al ácido nicotínico y la nicotinamida. La forma nicotina-

mida es el componente principal de las coenzimas nicotinamida adenina dinucleótido (NAD) y nicotinamida adenina dinucleótido fosfato (NADP), que tienen un papel esencial en el metabolismo (más de doscientas enzimas dependen de ellas en procesos metabólicos) y participan como portadoras de equivalentes de reducción en la glicólisis, el ciclo de Krebs y la cadena de transporte de electrones mitocondrial. También desempeñan un papel similar en la oxidación de los ácidos grasos y en la síntesis de proteínas y grasas. A pesar del papel metabólico crítico de la niacina, no existen evidencias de que unos niveles disminuidos de niacina comprometan la capacidad y rendimiento deportivo.

- **Vitamina B6 (piridoxina):** es la coenzima esencial para más de cien enzimas en el organismo humano. Participa en funciones inmunológicas, gluconeogénesis, formación de niacina, metabolismo de los hematíes y funcionalidad del sistema nervioso (producción de neurotransmisores como serotonina y noradrenalina). Desde el punto de vista del atleta es de especial importancia el papel que juega esta vitamina en la degradación de aminoácidos (metabolismo de proteínas) para obtener energía, la conversión de alanina en glucosa en el hígado y la liberación de la glucosa desde el glucógeno muscular.
- **Ácido fólico:** el papel específico del ácido fólico en relación con el ejercicio no está perfectamente definido. Es especialmente importante en deportistas de resistencia, ya que el ácido fólico es necesario para la producción de eritrocitos. Su deficiencia provocará anemia megaloblástica, con eritrocitos alterados menos capacitados para el transporte de oxígeno (menos hemoglobina). Por otra parte, el ácido fólico es un constituyente de ciertas enzimas implicados en el metabolismo de aminoácidos y tiene un papel crítico en la reproducción celular, siendo necesario para la síntesis del ADN.
- **Vitamina B12 (cobalamina):** su acción está ligada al sistema del ácido fólico, siendo necesaria para la correcta producción eritrocitaria. También es un cofactor necesario para la enzima metionina sintetasa, participando en el control de los niveles de homocisteína.
- **Vitamina B5 (ácido pantoténico):** su función principal es la de servir como sustrato para la síntesis de coenzima A, precursor de acetil CoA. Este compuesto, se genera como consecuencia de la degradación de ácidos grasos (beta oxidación), glucosa y aminoácidos, y es utilizado en la generación de energía metabólica (ATP) en el ciclo de Krebs y la cadena respiratoria. Además participa en procesos de biosíntesis de diferentes compuestos como la melatonina y muchos otros.
- **Biotina:** sus posibles efectos sobre el rendimiento podrían derivar de su participación en la gluconeogénesis y el metabolismo de los ácidos grasos y, además, de su papel de aumentar la expresión de la enzima glucoquinasa, una enzima clave de la glicólisis, ya que sirve de coenzima de cuatro enzimas carboxílicas con diferentes funciones en el metabolismo intermediario y que están implicadas en la formación de sustratos para la síntesis de ácidos grasos, control de la beta oxi-

dación de los ácidos grasos, gluconeogénesis, metabolismo de ciertos aminoácidos, etc.

### **4.3. ¿Pueden las deficiencias vitamínicas afectar al rendimiento?**

- **Tiamina:** se postuló que una deficiencia subclínica se asociaba a una concentración incrementada de lactato en sangre; sin embargo, se demostró que no había diferencias en la capacidad de trabajo tras cinco semanas de dieta pobre en dicha vitamina.
- **Riboflavina:** previsiblemente, una dieta pobre en esta vitamina podía afectar a la capacidad aeróbica o a la fuerza muscular; sin embargo, no se encontraron cambios después de siete semanas de dieta deficitaria en dicho micronutriente.
- **Vitamina B6:** las investigaciones demostraron que el tejido muscular es bastante resistente a una dieta pobre en esta vitamina tras ensayarla durante seis semanas en deportistas.
- **Vitamina C:** se demostró que el seguimiento de una dieta pobre en vitamina C durante tres semanas se asocia con un descenso en la eficiencia de trabajo durante ejercicio submáximo.

En general, cuando existen problemas en el estado vitamínico suelen afectar a la vez a varios de estos micronutrientes. Está demostrado que dichos estados de escasez multivitamínica sí que afectan al rendimiento físico.

### **4.4. Ingesta de vitaminas antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición)**

El trabajo nutricional referente a vitaminas vuelve a centrarse en cumplir las recomendaciones a diario, y en las ingestas de recuperación adecuadas tras las sesiones.

## 5. Minerales en el deporte

Además de los nutrientes citados, es necesario incluir en la dieta una cantidad determinada de distintos minerales para un correcto desempeño deportivo. Los minerales son indispensables para el organismo, ya que participan en el desarrollo de los tejidos, en la síntesis de las hormonas y en la mayor parte de las reacciones químicas catalizadas por las enzimas. Así, intervienen en múltiples procesos orgánicos entre los que podemos destacar: regulación de enzimas, mantenimiento del equilibrio ácido-base y la presión osmótica, transporte de sustancias a través de membranas, irritabilidad nerviosa y muscular, etc.

Los minerales son elementos esenciales, por lo que deben ser ingeridos como parte de la alimentación. El organismo necesita diferentes cantidades diarias de los distintos minerales y, dependiendo de esta necesidad, los minerales se clasifican en tres grupos:

- **Macroelementos:** aquellos minerales de los que existe una mayor necesidad. La cantidad necesaria se mide en gramos por día. Son calcio, sodio, potasio, fósforo, magnesio, cloro y azufre.
- **Microelementos:** minerales de los que se precisan menores cantidades, que se miden en miligramos por día. Son hierro, flúor, yodo, manganeso, cobalto, cinc y cobre.
- **Oligoelementos:** también llamados *elementos traza*, son minerales requeridos en proporciones ínfimas, del orden de los microgramos (millonésima parte de un gramo) al día. Son cromo, silicio, níquel, litio, molibdeno y selenio.

Tabla 7. Funciones de los minerales en relación con el rendimiento deportivo

		<b>Cofactores y activadores para el metabolismo energético</b>	<b>Función nerviosa y contracción muscular</b>	<b>Síntesis de hemoglobina</b>	<b>Función inmune</b>	<b>Función antioxidante</b>	<b>Metabolismo óseo</b>
Macroelementos	Sodio		X				
	Potasio		X				
	Calcio		X				X
	Magnesio	X	X		X		X

Fuente: modificado de L. Burke y col.

		<b>Cofactores y activadores para el metabolismo energético</b>	<b>Función nerviosa y contracción muscular</b>	<b>Síntesis de hemoglobina</b>	<b>Función inmune</b>	<b>Función antioxidante</b>	<b>Metabolismo óseo</b>
Elementos traза	Hierro	X		X		X	
	Cinc	X			X	X	
	Cobre	X					
	Cromo	X				X	
	Selenio					X	

Fuente: modificado de L. Burke y col.

### 5.1. Calcio en el deporte

El ejercicio, principalmente el de fuerza, favorece la mineralización ósea, aumentando el almacenamiento de calcio en el hueso y por tanto mejorando su densidad, siempre que los niveles de ingesta sean adecuados y no aparezcan alteraciones de la menstruación (amenorrea), reflejo de la disminución de estrógenos y por tanto secundariamente desmineralización ósea. Existe un mayor número de fracturas de estrés entre deportistas con densidad ósea disminuida, que padecen amenorrea o consumen dietas pobres en calcio. Así mismo, las mujeres que practican gimnasia rítmica, carreras de larga distancia, bailarinas de ballet, etc., siguiendo dietas y planes de entrenamiento inadecuados pueden padecer osteoporosis y por tanto fracturas de estrés, por lo que es indispensable la suplementación con preparados de calcio. Hay una escasa ingesta de este mineral hasta en el 75 % de los deportistas.

Por tanto, es indispensable asegurar una ingesta mínima de calcio por parte del deportista, especialmente en ciertas condiciones y en la realización de ciertos deportes (control del peso corporal por exigencias reglamentarias).

No existen estudios importantes en la literatura que demuestren la mejoría del rendimiento deportivo con el incremento del consumo de calcio por encima de los requerimientos establecidos.

### **Alimentos fuente**

Leche y derivados: son la principal fuente y la que presenta una mejor absorción. Vegetales: son ricos en calcio, pero la presencia de ácido fólico y oxálico hace que se formen sales insolubles que impiden su absorción al igual que un exceso de magnesio (las espinacas son una fuente importante de calcio y hierro, pero presentan mucho ácido fólico). Pescados: sardinas, arenque, bacalao fresco. El agua es una fuente importante de minerales.

Son inhibidores de la absorción de calcio los oxalatos, los fitatos, la cafeína y las xantinas, que están presentes en chocolate, fibra, café, té y sal. Se debe evitar o reducir al mínimo el consumo de estos alimentos. El ejercicio regular ayuda a enlentecer la pérdida de hueso durante el envejecimiento. El beneficio es mayor en los mayores de entre setenta y ochenta años, pero existe un efecto residual importante si el ejercicio ha sido realizado antes de los veinticinco años. Mediante los ejercicios que suponen tensión sobre el hueso se consigue una mayor mineralización (pasear, correr, bailar). Tanto es así que se describen diferencias de mineralización entre los dos miembros en los ejercicios en que solo se utiliza una extremidad (tenis).

### **5.2. Sodio en el deporte**

Es el principal catión de los líquidos extracelulares con una concentración mantenida entre 135 y 145 mmol/L. El organismo humano adulto contiene alrededor de cien gramos de sodio, estando el 70 % localizado en los fluidos extracelulares y el 30 % distribuido entre el esqueleto y otros tejidos. Sus pérdidas obligatorias, si no existe sudoración excesiva, oscilan entre 40 y 185 mg/día. Las ingestas habituales suelen superar de diez a veinte veces las pérdidas obligatorias.

Las funciones principales del sodio se centran en la participación de procesos de regulación de:

- Presión osmótica.
- Volemia.
- Equilibrio ácido-base.
- Presión arterial.
- Conducción de impulso nervioso.

### **Alimentos fuente**

Respecto a las fuentes, la mayoría de los alimentos contienen sodio, sin embargo la mayor cantidad se consume bajo la forma de sal de mesa. Es uno de los minerales principales para la elaboración de bebidas isotónicas, siendo la sal de mesa (NaCl) o el bicarbonato alimenticio (NaHCO<sub>3</sub>) las formas más utilizadas.

### **5.3. Potasio en el deporte**

Es el principal catión del líquido intracelular. El contenido total de potasio del adulto humano es de alrededor de 250 g. Este mineral se encuentra ampliamente distribuido en los alimentos.

Su deficiencia se asocia a situaciones como la malnutrición proteico-calórica, acidosis, vómitos y diarreas.

La hiperpotasemia (aumento de potasio en plasma) se manifiesta por síntomas neuromusculares, debilidad muscular, alteraciones electrocardiográficas y arritmias cardíacas. Niveles superiores a 6 mEq/L en plasma pueden producir paro cardíaco.

Las funciones principales del potasio son:

- Síntesis proteica.
- Metabolismo de los hidratos de carbono, lípidos, etc.
- Fosforilación oxidativa.
- Potencial de membrana.
- Participación esencial en el automatismo cardíaco.

### **Alimentos fuente**

Alimentos ricos en potasio son las carnes, leche, banana, naranja, pomelo, mandarina, manzana, zanahoria y espinaca. Para cubrir los requerimientos de potasio con la dieta habitual, se debe consumir:

- De dos a tres unidades diarias de frutas medianas (150-200 g).
- De tres a cuatro porciones diarias de vegetales crudos y cocidos.
- Dos vasos de leche (200 mL cada uno), una porción de carne grande (250 g) o dos pequeñas (150 g).

## 5.4. Fósforo en el deporte

Las necesidades diarias de fósforo se cifran alrededor de 800 mg, siendo variables en función de la edad y estados de especial necesidad como son la lactancia o el embarazo. Con los distintos tipos de alimentación se puede llegar a duplicar o triplicar dicha ingesta, por lo que es difícil encontrar estados carenciales (prematuros y en algunas patologías). A pesar de todo, existen modalidades deportivas (bailarinas y gimnastas) en las que se consumen menos del 66 % de los requerimientos mínimos recomendados. La importancia que el fósforo representa para el deportista se debe a que forma parte de las principales moléculas responsables de la liberación de energía necesaria para la contracción muscular (ATP, ADP y fosfocreatina). Los resultados de investigación son controvertidos, pero los estudios en los que aparece un incremento del rendimiento con sobrecarga de fosfatos explican sus resultados por la disminución del umbral anaeróbico, el aumento de la homeostasis eritrocitaria y una mejoría de la respuesta cardiovascular y miocárdica frente al ejercicio.

Funciones principales:

- Indispensable para la mineralización ósea óptima.
- Como componente de compuestos orgánicos cumple diversas funciones esenciales.
- Como fosfato inorgánico cumple una función estructural en el tejido óseo.
- Se encuentra en los fluidos corporales contribuyendo a mantener la capacidad *buffer*.

### Alimentos fuente

Los principales aportadores son los alimentos ricos en proteínas y los cereales. Las carnes, aves y pescado contienen de quince a veinte veces más fósforo que calcio; los huevos, cereales, nueces y legumbres, dos veces; solo los lácteos, verduras y tejido óseo contienen más calcio que fósforo.

## 5.5. Magnesio en el deporte

El magnesio es el quinto mineral a partir de su abundancia en el organismo y el segundo catión celular. El cuerpo contiene un total de veinticuatro gramos; el 60 % se localiza en el esqueleto y el 40 % restante en los tejidos blandos.

Se recomiendan de 270 a 350 mg diarios de magnesio, variando la demanda según edad y sexo, aunque ingestas menores (210 mg/día) no se ha demostrado que provoquen estados de deficiencia. De forma genérica, el deportista

ingere en su dieta cantidades adecuadas de magnesio, aunque existen grupos de deportistas (el 40 % de bailarinas y gimnastas) en los que se ha encontrado un consumo inferior al 33 % de las cantidades requeridas.

Tras ejercicios intensos se ha observado un descenso en los niveles séricos, de hasta un 10-15 %, que se ha atribuido al incremento de las pérdidas de ion por el sudor (hasta 12 % del total de magnesio excretado).

El exceso de magnesio es extremadamente raro y no está demostrado que presente efecto alguno sobre el rendimiento.

Funciones:

- Estructural, en huesos y dientes.
- Cofactor de más de trescientas enzimas del organismo, las que catalizan las reacciones ATP-dependientes. El magnesio se liga al ATP, formando un complejo magnesio-ATP que es el sustrato de enzimas tales como las quinasas.
- Interacciona con el calcio para afectar a la permeabilidad de las membranas excitables y la transmisión neuromuscular.

#### **Alimentos fuente**

Cereales integrales, frutas secas, lácteos, chocolate, verduras de hoja verde, pan, soja y banana.

### **5.6. Zinc en el deporte**

Las RDA establecen que una ingesta de 15 mg/día es adecuada para adolescentes y adultos masculinos, mientras que consideran adecuado el consumo de 12 mg/día para adolescentes y adultas femeninas.

#### **Alimentos fuente**

Carne de vaca, aves de corral, hígado de vaca, queso, pescado, mariscos, leche, cereales integrales y nueces.

Existen ciertos factores que pueden inhibir o facilitar la absorción de zinc:

- **Facilitadores:** glucosa, lactosa, proteína de soja, leche materna.
- **Inhibidores:** cobre, cadmio, fitatos presentes en la fibra alimentaria.

Los niveles basales de zinc en el deportista son bajos. Esto parece deberse al incremento de las pérdidas por orina y sudor (hasta el 12-20 % de la cantidad total absorbida), aunque no se ha encontrado disminución del rendimiento deportivo por niveles bajos de zinc en sangre.

La suplementación con cantidades superiores a diez veces las recomendadas inhiben la absorción de cobre y se disminuye los niveles de las lipoproteínas de alta densidad (HDL), pudiendo provocar efectos negativos sobre la salud de los deportistas.

### 5.7. Selenio en el deporte

La RDA para el selenio es para el hombre y la mujer en edad adulta de 55-70 µg/día.

#### **Alimentos fuente**

Carne de vaca, hígado de vaca, pollo, pescado, pavo, semillas de girasol, nueces, pan de trigo entero, leche descremada, queso y granola.

El selenio junto con la vitamina E ejercen su acción antioxidante disminuyendo la peroxidación lipídica, por lo que su utilización podría estar justificada en el deporte.

### 5.8. Hierro en el deporte

Los varones presentan RDA de 10 mg/día, igual que las mujeres que no menstrúan. Las mujeres que menstrúan y las adolescentes presentan requerimientos en torno a 15 mg/día y los adolescentes varones, de aproximadamente 12 mg/día.

Un consumo deficitario de hierro conduce a una menor síntesis de los productos en los que participa estructuralmente y por tanto a una disfunción orgánica. Se ha demostrado una disminución del rendimiento en situaciones de anemia ferropénica debida a la sobrecarga cardiovascular que ocasiona (por cada gramo que disminuye la hemoglobina, se incrementa en un 4,7 % la frecuencia cardiaca), y también a la afectación de enzimas que contienen hierro, algunas de ellas encargadas de producir energía oxidativa.

Es indispensable que las atletas, las adolescentes, las mujeres que compiten en resistencia y las que consumen poca carne roja tomen suplementos de hierro bajo supervisión médica. Al conseguir niveles de ferritina sérica por encima de veinte miligramos por cada cien mililitros. No hay riesgo de descenso de rendimiento.

En deportistas con niveles de hierro y hemoglobina normales, la ingesta de cantidades suplementarias no ha demostrado ventajas. Además, el exceso de hierro inhibe competitivamente la absorción de otros nutrientes (Zn), aumenta el crecimiento de patógenos entéricos y en otros tejidos y puede producir un aumento de radicales libres.

La práctica deportiva de intensidad produce un aumento de las pérdidas de hierro por aumentos en la sudoración, en el sangrado menstrual, en posibles hemorragias intestinales (carreras de fondo) y por el descenso de la absorción intestinal. También se relaciona con el aumento de las pérdidas de hemoglobina en orina, por el aumento en la ruptura de hematíes y por dietas bajas en energía (comunes en estas disciplinas).

### **Alimentos fuente**

Vísceras: hígado, riñones, corazón, sesos. Carnes, pescados y mariscos.  
Vegetales: judías, guisantes. La leche y los productos lácteos están casi exentos de hierro.

Posibilidades para mejorar la nutrición del hierro:

- Mejora de la biodisponibilidad del hierro en la dieta: mediante el aumento de la ingesta de vitamina C (cítricos y verduras) y mediante la disminución de factores que disminuyen la absorción (fitatos, oxalatos, taninos).
- Aumento ingesta hierro absorbible: carnes y pescados.

## **5.9. Cromo en el deporte**

La dosis diaria recomendada es de 0,1 mg. Existe evidencia de pérdidas renales tras el ejercicio y mediadas por dietas ricas en azúcares simples, pero no se producen pérdidas por sudoración. A pesar de todo, no está demostrada la necesidad de suplementación en el deportista.

## **5.10. Cobre en el deporte**

La ingesta normal se estima entre 2,5-5 mg/día, siendo su administración prolongada potencialmente tóxica. La mayor parte de los investigadores no encuentran variaciones en los niveles séricos de cobre en los deportistas, a excepción de nadadores, en que existe una disminución de cobre y ceruloplasmina ocasionada posiblemente por la descamación de células de la piel durante la inmersión prolongada y en deportistas entrenados sometidos a ejercicios intensos en los que se produce un incremento de los niveles hasta dos horas después de finalizado el ejercicio.

Se han demostrado incrementos de ceruloplasmina y enzimas dependientes del cobre en deportistas que, sin tener déficit, han tomado suplementos de cobre, no hallándose en ningún caso una mejoría del rendimiento deportivo.

### **5.11. Ingesta de minerales antes, durante y después de la sesión (entrenamiento/competición)**

La ingesta de minerales previa a las sesiones debe ser adecuada, con el fin de enfrentarse al ejercicio con ciertas garantías frente a la pérdida de minerales.

Únicamente existe evidencia de la necesidad de sodio durante la sesión de entrenamiento o competición, intentando paliar las pérdidas que suceden en la termorregulación corporal y no existe evidencia sobre el uso en competición de otros minerales.

Para restaurar los niveles minerales en recuperación se recomienda consumir frutas o zumos de frutas lo antes posible tras terminar la sesión. Como sucede siempre, una buena planificación y temporización de las ingestas posibilita excluir el consumo de suplementos.

## 6. Agua y electrolitos en el deporte

El agua es uno de los factores que tienen mayor impacto en el desarrollo del ejercicio físico y el deporte. Dejando a un lado los problemas resultantes de deshidrataciones severas, estados leves de mala hidratación en la población general pueden mantenerse cierto tiempo sin producir excesivos síntomas. En el deportista, leves desajustes en el estado de hidratación pueden suponer considerables pérdidas de rendimiento, pudiendo estropear el resultado de una competición o dificultar la consecución de las sesiones de entrenamiento programadas.

### 6.1. Funciones del agua durante el ejercicio físico

Durante la realización de ejercicio físico, el agua está implicada de forma directa en las siguientes funciones:

- Refrigeración, ayudando a liberar el exceso de calor producido en el interior de nuestro cuerpo.
- Aporte de nutrientes a las células musculares.
- Eliminación de sustancias de desecho.
- Lubricación de las articulaciones.

Si además se tiene en cuenta su papel en el mantenimiento de la concentración de los electrolitos, de ella también dependerían funciones como:

- Transmisión nerviosa.
- Contracción muscular.
- Aumento del gasto cardiaco.
- Regulación de los niveles de pH.

### 6.2. El agua corporal en el deportista

El agua en nuestro organismo se distribuye en dos compartimentos: el intracelular y el extracelular. La distribución del agua en el organismo está regulada por fuerzas osmóticas, generadas por proteínas y sales minerales. El agua debe contener sodio, potasio y cloro, para que el riñón no la elimine completamente mediante la orina. El sodio que se encuentra en el agua es el soluto más importante para el balance hidroelectrolítico del cuerpo, fundamental para mantener el organismo en un perfecto equilibrio.

La cantidad de agua perdida durante el ejercicio va a depender de:

- El grado de intensidad del mismo.
- El tiempo de duración del ejercicio.

- La temperatura y humedad del ambiente.
- Las características del ambiente.

La pérdida de agua durante el ejercicio aumenta debido al mayor calor del cuerpo, ante esto nuestro organismo comienza a sudar (perdiendo más agua) para tratar de disipar el calor. Así, el sudor se transforma en la vía más rápida de pérdida de agua durante el ejercicio.

Toda pérdida de agua no repuesta provoca alteraciones que llevan no solo a la disminución del rendimiento físico sino también a un cuadro grave como el golpe de calor. Una pérdida del 2 % del peso corporal reduce la capacidad de rendimiento en un 20-30 %.

Al aumentar el ritmo de entrenamiento, la transpiración se vuelve más hipotónica, de modo que la cantidad de minerales en el sudor es menor que en la sangre, pero no sucede lo mismo para todos los minerales, sobre todo para el potasio y magnesio con la depleción de los mismos (especialmente del depósito muscular). La falta de potasio trae como consecuencia debilidad muscular y somnolencia, mientras que la falta de magnesio producirá espasmos musculares, calambres y rigidez muscular.

#### Nota

Otro mineral importante que se pierde por sudor es el hierro, aumentándose los requerimientos diarios de hierro.

### 6.3. Balance hídrico

En reposo, la ingestión de agua es semejante a la eliminación de la misma. La ingestión depende del agua consumida con los alimentos, los líquidos que bebemos, más el agua metabólica (producto de desecho de los procesos metabólicos). Durante el ejercicio la producción de agua metabólica se incrementa con el aumento del metabolismo energético.

Tabla 8

Ingesta de agua (mL/día)		Pérdida de agua (g)	
Agua ingerida	1500	Orina	1500
Agua de los alimentos	800	Piel	500
Agua de oxidación	300	Pulmón	400
		Heces	200
<b>Total</b>	<b>2600</b>	<b>Total</b>	<b>2600</b>

El proceso que incita a beber no es muy sensible y una persona que realiza ejercicio físico intenso puede llegar a tener cierto grado de deshidratación antes de que aparezca la sensación de sed, ya que esta surge cuando ya se ha perdido cierta cantidad de agua, lo que supone una merma apreciable del rendimiento físico. Igualmente, su desaparición no significa que el organismo haya alcanzado su estado normal de hidratación, ya que el agua sola disminuye la osmo-

laridad del plasma antes de que se recupere el déficit total de líquido y sodio, por lo que el deportista puede dejar de beber sin haber concluido su rehidratación. Por tanto, **la sed no es un indicador completamente fidedigno de la necesidad de líquidos del cuerpo**, y es por ello por lo que deben fomentarse unas adecuadas conductas de hidratación, adaptándose a las necesidades individuales, como parte del programa de entrenamiento.

#### 6.4. Indicadores del estado de hidratación

Algunos indicadores del estado de hidratación pueden ser:

- Los cambios en el peso corporal son útiles, especialmente en la deshidratación tras calor extremo y ejercicio intenso.
- Los niveles de hemoglobina y hematocrito son indicadores del estado de hidratación, sin embargo reflejan cambios en el volumen circulante, pero no el agua corporal total.
- Valores de osmolaridad y sodio plasmático se elevan en deshidratación y son considerados como las señales más potentes en la evolución del estado de hidratación por su capacidad para estimular la ADH.
- La deshidratación es capaz de aumentar el ritmo cardiaco en reposo y durante el ejercicio máximo. También condiciona intolerancia al ortostatismo. De hecho la modificación de estos valores de forma brusca constituye una información adicional en la evaluación del estado de hidratación.

#### 6.5. Hidratación en el deportista

La ingesta de líquidos durante la realización de ejercicios prolongados reduce el riesgo de deshidratación. Si se bebe solo agua, no solo se absorberá más lentamente, sino que tiende a eliminarse rápidamente por la orina y no reponemos los minerales que se van perdiendo por el sudor. Si se bebe agua más electrolitos (sales minerales) e hidratos de carbono, el cuerpo se rehidrata mejor y tiende a una mejor recuperación del volumen de sangre.

La adición de hidratos de carbono y sodio a una bebida no retarda el vaciamiento gástrico y produce una mejora en la absorción en comparación con el agua sola. La explicación científica que se da para estos hallazgos radica en el hecho de que el transporte acoplado de glucosa y sodio a través de la membrana intestinal es muy rápido y constituye un estímulo para la absorción de agua a causa de la actividad osmótica de estos solutos. La fracción de hidratos de carbono contribuirá también al mantenimiento de niveles de glucosa normales en sangre.

Actualmente, en relación con ciertos deportes como el ciclismo, el esquí de fondo o corredores de fondo, los deportistas han tenido muy buenos resultados con bebidas ingeridas durante el ejercicio con concentraciones de hidratos de carbono al 8-10 %.

El hecho de poder mantener un nivel alto de glucosa en sangre (gracias a estas bebidas) es una fuente de energía alternativa de los músculos que trabajan y tienden a disminuir sus niveles de glucógeno, retrasando el punto de fatiga casi unos treinta minutos hacia delante.

El tipo de hidratos de carbono que actualmente se están empleando resultan de una combinación entre la glucosa, sacarosa, dextrina y maltodextrina. Dichos hidratos de carbono tienen la ventaja de remontar con rapidez la glucemia debido a que se trata de moléculas de absorción muy rápida y alto índice glucémico. Además, se han observado efectos de mejora en la absorción asociadas a la utilización de mezclas frente a la utilización de un solo tipo de hidrato de carbono.

Es necesario que el deportista durante la sesión entrenamiento o competición se acostumbre a beber entre cincuenta a cien mililitros de líquido cada vez y, si es posible, con una frecuencia de entre quince y veinte minutos.

### **6.5.1. Hidratación antes del ejercicio**

Se debe conseguir que los deportistas estén bien hidratados antes del comienzo de los entrenamientos o competiciones. Si se ingieren suficientes bebidas con las comidas y existe un periodo de descanso adecuado (de ocho a doce horas) desde la última sesión de entrenamiento, es muy probable que el deportista esté normohidratado.

Si esto no es posible, el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACMS) recomienda realizar el siguiente programa de prehidratación:

- Beber lentamente de 5 a 7 mL/kg en las cuatro horas anteriores a iniciar el ejercicio. Si el individuo no puede orinar o si la orina es oscura o muy concentrada, se debería aumentar la ingesta, añadiendo de 3 a 5 mL/kg más en las últimas dos horas antes del ejercicio.
- Tomar bebidas con 20-50 mEq/L de sodio y comidas con sal suficiente pueden ayudar a estimular la sed y a retener los fluidos consumidos.

En ambientes calurosos y húmedos, es conveniente tomar cerca de medio litro de líquido con sales minerales durante la hora previa al comienzo de la competición, dividido en cuatro tomas cada quince minutos (200 mL cada cuarto

de hora). Si el ejercicio que se va a realizar durará más de una hora, también es recomendable añadir hidratos de carbono a la bebida, especialmente en las dos últimas tomas.

### **6.5.2. Rehidratación durante el ejercicio**

El objetivo es conseguir que los deportistas ingieran la cantidad de líquido suficiente que permita mantener el balance hidroelectrolítico y el volumen plasmático adecuados durante el ejercicio. A partir de los treinta minutos del inicio del esfuerzo empieza a ser necesario compensar la pérdida de líquidos y después de una hora esto se hace imprescindible.

Se recomienda beber entre 6-8 mL de líquido por kilogramo de peso y hora de ejercicio (aproximadamente 400-500 mL/h o 150-200 mL cada veinte minutos). No es conveniente tomar más fluido del necesario para compensar el déficit hídrico.

### **6.5.3. Reposición después del ejercicio**

La rehidratación debe iniciarse tan pronto como finalice el ejercicio. El objetivo fundamental es el restablecimiento inmediato de las funciones fisiológicas cardiovascular, muscular y metabólica del organismo mediante la corrección tanto de las pérdidas de líquidos como de solutos, producidas durante el ejercicio.

Se recomienda ingerir como mínimo un 150 % de la pérdida de peso en las primeras seis horas tras el ejercicio, para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina y de esta manera recuperar el equilibrio hídrico. Los sujetos mejor preparados desarrollan sistemas de refrigeración (sudoración) más eficientes, por lo que deberán consumir más líquido.

El aumento del volumen plasmático está directamente relacionado con el volumen de líquido ingerido y con la concentración de sodio. La síntesis del glucógeno hepático y muscular (gastado durante el ejercicio) es mayor durante las dos primeras horas después del esfuerzo. Por todo esto las bebidas después del ejercicio deben llevar tanto sodio como hidratos de carbono y hay que empezar a tomarlas tan pronto como sea posible.



## Bibliografía

Burke L. y Deakin V. (2015). *Clinical Sport Nutrition* (5.ª ed.). North Ryde, Australia: McGraw-Hill.

Meyer N. L., Parker-Simmons S., y Burke L. (2007). *Practical Sports Nutrition*. Champaign: Human Kinetics.

Thomas, D., Erdman, K., y Burke, L. (2016). Position of the Academy of Nutrition and Dietetics. *Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine: Nutrition and Athletic Performance*, 113 (3), 50128.

Ivy, J. L. (2004). Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *J Sport SciMed*, 3 (3), 131-138.

Ortega, R. M., y Requejo, A. M. (2015). *Nutriguía. Manual de Nutrición Clínica* (2.ª ed.). Madrid: Ed. Complutense.

Atkinson, F. S., Foster-Powell, K., y Brand-Miller, J. C. (2008). International tables of glycemic index and glycemic load values. *Diabetes Care*, 31 (12), 2281-2283. doi:10.2337/dc08-1239.

Clark, N. (2014). *Nancy Clark's Sports Nutrition Guidebook Fifth Edition*. Champaign: Human Kinetics.

Loucks, A. A. B., Kiens, B., y Wright, H. H. H. (2011). Energy availability in athletes. *J SportsSci*, 29 (suppl. 1), S7-S15.

Van Loon, L. J. C. (2013). Dietary Protein as a Trigger for Metabolic Adaptation. En *The Encyclopaedia of Sports Medicine*. Chichester: John Wiley&Sons Ltd.

Phillips, S. M., y Van Loon, L. J. C. (2011). Dietary protein for athletes: From requirements to optimum adaptation. *J SportsSci*, 29 (suppl. 1), S29-S38.

Jeukendrup, A. (2014). A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sport Med*, 44 (suppl. 1).

