

# A.2.1 Equilibrio hídrico y electrolítico

## Comprensiones del programa de estudios

A.2.1.1 El equilibrio hídrico y electrolítico es necesario para el funcionamiento eficaz del cuerpo y está influido por el medio ambiente.

## Introducción

El agua es una de las características que definen a todos los sistemas biológicos. Es esencial para la vida de los seres humanos y de todos los demás organismos. Existen múltiples razones por las que el agua es tan esencial.

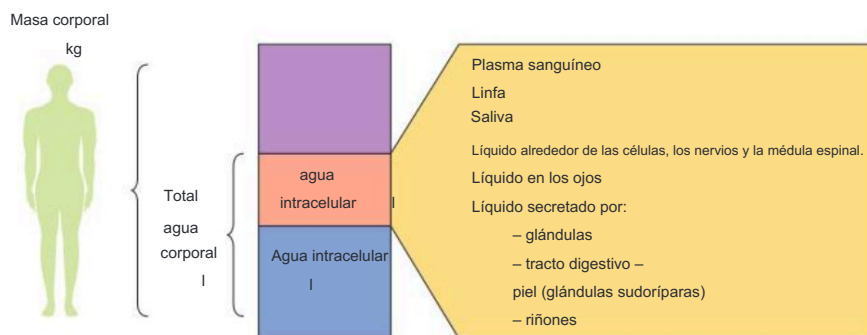
Agua:

- es un disolvente eficaz, por lo que puede transportar nutrientes a las células y eliminar desechos.  
productos de las células y transportan otros metabolitos producidos por las células, como las hormonas.
- nos permite redistribuir el calor alrededor del cuerpo y reducir la temperatura corporal  
A través de la evaporación de la superficie de nuestra piel cuando sudamos.
- es un excelente lubricante ya que es difícil de comprimir; por ejemplo, es  
Presente alrededor de superficies deslizantes en el cuerpo, como espacios articulares y alrededor de tendones y músculos.
- proporciona el medio esencial para las reacciones bioquímicas del metabolismo  
Dentro y fuera de las células.

## El agua en el cuerpo

Entre el 50% y el 70% de la masa corporal total está compuesta de agua. La cifra puede variar de una persona a otra en función de la cantidad de grasa corporal que tenga. Esto se debe a que la grasa que se encuentra dentro de las células que almacenan grasa (llamadas adipocitos) no contiene agua. Por lo tanto, en las personas con sobrepeso, una gran proporción de la masa corporal puede estar compuesta por tejido que contiene poca agua. Sin embargo, el tejido libre de grasa está compuesto por un 60%-80% de agua. Por lo tanto, las personas más delgadas tienen un mayor porcentaje de masa corporal compuesta por agua.

La distribución de agua en una persona sana de peso típico se muestra en la Figura 1.



▲ Figura 1 La proporción de agua en el cuerpo de una persona de 70 kg y su distribución dentro y fuera de las células.

### Puntos clave

Es útil aclarar algunas definiciones respecto a la deshidratación.

- La deshidratación es dinámica proceso de pérdida de agua corporal.
- La euhidratación se refiere a un contenido de agua corporal normal/ adecuado. Es la ausencia de hiper o hipohidratación.
- La hiperhidratación se refiere a un estado de exceso de contenido de agua corporal.
- La hipohidratación es un estado de cuerpo insuficiente/subóptimo contenido de agua.

En resumen, la deshidratación es el proceso de pérdida de agua corporal.

La hipohidratación, la euhidratación y la hiperhidratación son estados de equilibrio hídrico.

### Término clave

**Diurético** Sustancia que aumenta la velocidad a la que se produce la orina.

Los líquidos están presentes en dos compartimentos principales: dentro de las células y fuera de las células.

- Aproximadamente dos tercios del líquido corporal es líquido intracelular (LIC), dentro de las células.
- El otro tercio, llamado líquido extracelular (ECF), está fuera de las células.
- Aproximadamente el 80% del LEC es líquido intersticial que se encuentra en los espacios entre las células de tejidos.
- El otro 20% del LEC es plasma.

El ICF y el ECF no solo se definen por sus diferentes ubicaciones; también son muy diferentes en términos de la composición de solutos. El ICF tiene una mayor concentración de sales de potasio ( $K^+$ ), mientras que el ECF tiene una mayor concentración de sales de sodio ( $Na^+$ ). Los gradientes de concentración resultantes a través de las membranas celulares se mantienen mediante transporte activo (que requiere ATP), lo que da como resultado un gasto de energía sustancial y continuo. Aunque difieren en composición, la concentración osmótica general del ICF y el ECF es la misma.

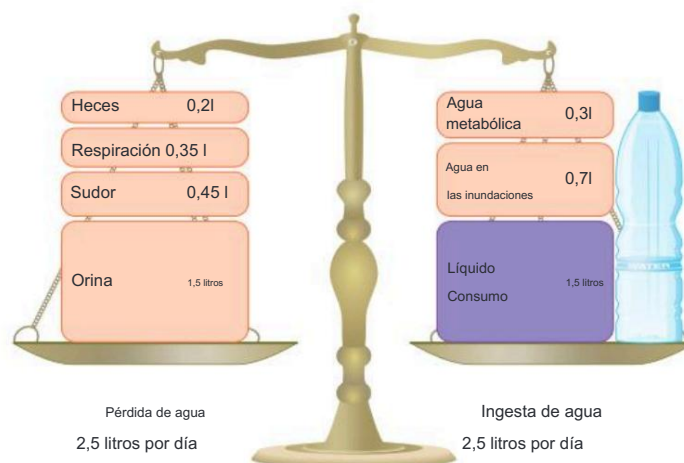
## Balance hídrico

La fluctuación diaria de la masa corporal es relativamente pequeña; aunque se produce un recambio de unos 2,5 litros de agua corporal al día, en las personas sanas no suele producirse una ganancia o pérdida neta sustancial de agua (Figura 2). En las personas que no hacen ejercicio, las pérdidas de agua de unos 2,5 litros al día se reemplazan mediante la ingestión de alimentos, la ingestión de líquidos y la oxidación de sustratos (agua metabólica).

El agua de los alimentos y líquidos se absorbe a través del intestino grueso.

La pérdida de agua se produce a través de cuatro vías principales:

- evaporación de la piel (sudor)
- evaporación del tracto respiratorio (respiración)
- excreción de los riñones (orina)
- excreción del intestino grueso (heces).



▲ Figura 2 Pérdida de agua versus ingesta de agua

### La retroalimentación negativa regula el equilibrio hídrico

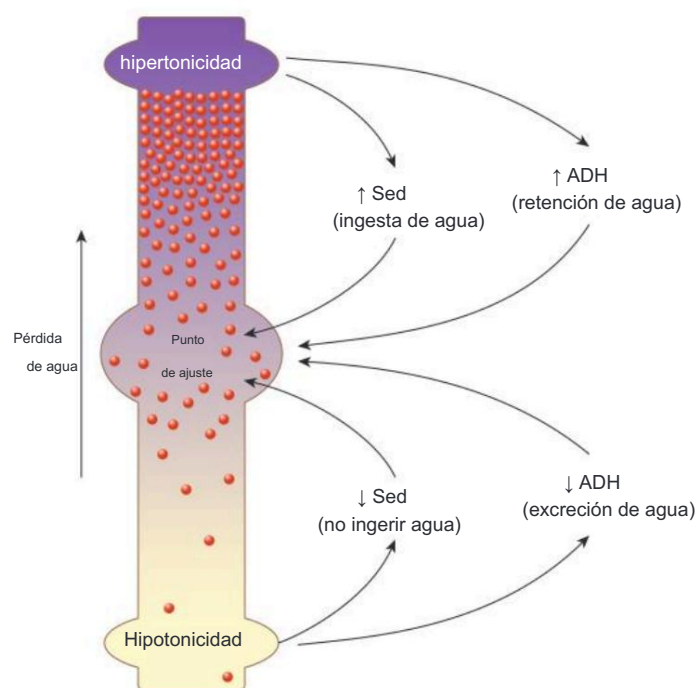
Existe una interacción compleja entre el hipotálamo, la glándula pituitaria y los riñones para regular el equilibrio de agua y electrolitos. Esta regulación involucra una hormona llamada hormona antidiurética (ADH), que actúa sobre los riñones para

Regulan el equilibrio hídrico del cuerpo. Cuando el cuerpo está deshidratado o tiene niveles altos de electrolitos, el hipotálamo envía señales a la glándula pituitaria para que libere más ADH. Esto hace que los riñones reabsorban más agua, produzcan menos orina y ayuden a mantener el equilibrio electrolítico del cuerpo. Además, los riñones son responsables de filtrar la sangre y eliminar los productos de desecho del cuerpo, incluido el exceso de electrolitos, ajustando la cantidad de electrolitos que se reabsorben en el torrente sanguíneo y la cantidad que se excreta en la orina.

Cuando el equilibrio hídrico se ve amenazado y hay una pérdida neta de agua corporal, la concentración de líquido corporal aumenta. Este cambio se detecta en el hipotálamo. El hipotálamo responde de la siguiente manera:

- activando la sensación de sed, lo que aumenta el deseo de beber líquidos
- activando la glándula pituitaria para que secrete ADH, lo que hace que los riñones retengan líquidos y reduzcan la producción de orina.

Estos dos mecanismos "ganan y retienen" agua. La consecuencia es una mayor disponibilidad de agua en el LEC. La dilución resultante de solutos en el LEC se detecta en el hipotálamo y la respuesta es la opuesta a la descrita anteriormente. La sed se "apaga" y la secreción de ADH se reduce (Figura 3).



▲ Figura 3 Control del balance hídrico; retroalimentación negativa en acción

Los mecanismos anteriores son un buen ejemplo de cómo los cambios sutiles en una variable biológica son monitoreados por receptores que desencadenan una respuesta que corrige las fluctuaciones detectadas dentro de un rango notablemente estrecho de funcionamiento normal (punto de ajuste). Este proceso se llama retroalimentación negativa.

## Los riñones

Los riñones controlan la retención y la pérdida de agua. El agua y los electrolitos son moléculas pequeñas que se filtran físicamente de las células sanguíneas y de las moléculas grandes en el glomérulo. Este líquido filtrado pasa al asa descendente de Henle y llega a la médula del riñón (Figura 4).

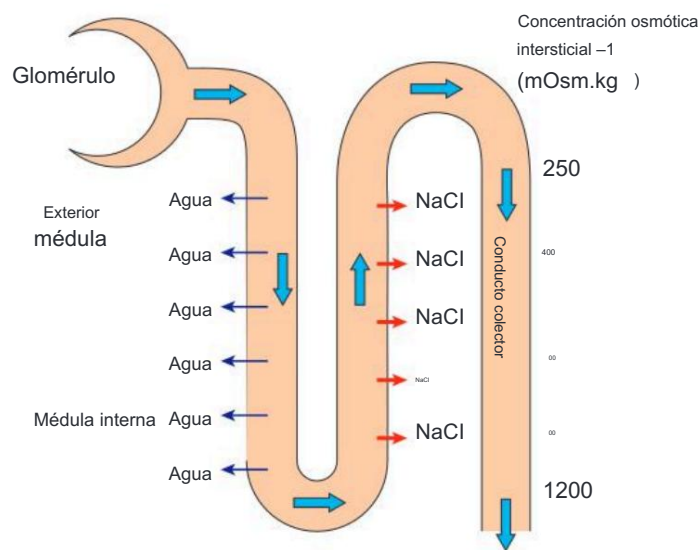
### Puntos clave

- La glándula pituitaria secreta hormonas, incluida la ADH. Algunas de estas hormonas regulan la secreción de hormonas de otras glándulas endocrinas.
- La glándula pituitaria está controlada por el hipotálamo.

### Punto clave

La cantidad de agua en nuestro cuerpo se mantiene razonablemente estable de un día para el otro, y el agua perdida a través de la orina y el sudor se reemplaza por agua presente en los alimentos y bebidas.

- La pared del circuito descendente es permeable al agua pero no a los electrolitos.  
Dado que la médula circundante tiene una alta concentración osmótica, el agua se absorbe pasivamente en la médula debido al gradiente de concentración; esto aumenta la concentración y reduce el volumen de líquido en el túbulo.
- La pared de la rama ascendente del túbulo transporta activamente sodio.  
cloruro pero es impermeable al agua. El cloruro de sodio, pero no el agua, se transporta fuera del líquido en el túbulo, lo que da como resultado una redilución del volumen ahora reducido de líquido.
- En el túbulo colector se produce la reabsorción de agua, y es en este punto donde la ADH interviene en la regulación. La presencia de ADH aumenta la permeabilidad de la pared del túbulo colector, aumentando la reabsorción pasiva de agua y reduciendo el volumen de orina. Por tanto, es esta fase la que determina el volumen y la concentración urinaria final.



▲ **Figura 4** Movimiento de líquido a lo largo de una nefrona (gradientes que provocan difusión pasiva ( ) y mecanismos de transporte activo ( ); esto concentra, diluye y finalmente regula el volumen y la concentración de orina.

### Monitorización del estado de hidratación en deportistas

La sensación de sed es un indicador de que nuestro estado de hidratación no es óptimo y que necesitamos ingerir líquidos para restablecer la homeostasis. Sin embargo, a veces es necesario tener una medida más precisa del estado de hidratación, por ejemplo, en ciertos grupos de pacientes o deportistas. Si bien la deshidratación es un riesgo potencial para la salud de todos, una de las principales preocupaciones de los deportistas es que la deshidratación puede perjudicar el rendimiento tanto en competición como en entrenamiento. Existen varios métodos para controlar el estado de hidratación; los cambios en la masa corporal son uno de los más simples.

### Técnicas de análisis de orina para controlar la deshidratación

El análisis de orina ofrece otro medio para controlar el estado de hidratación de los deportistas. La pérdida de agua corporal da lugar a cantidades más pequeñas de orina más concentrada debido al efecto de la ADH. Esto significa que la orina concentrada es indicativa de un estado de deshidratación, y esto se puede ver fácilmente con solo observar el color. Grandes cantidades de orina pálida se asocian con una hidratación normal, mientras que pequeñas cantidades de orina de color más oscuro indican riesgo de deshidratación.



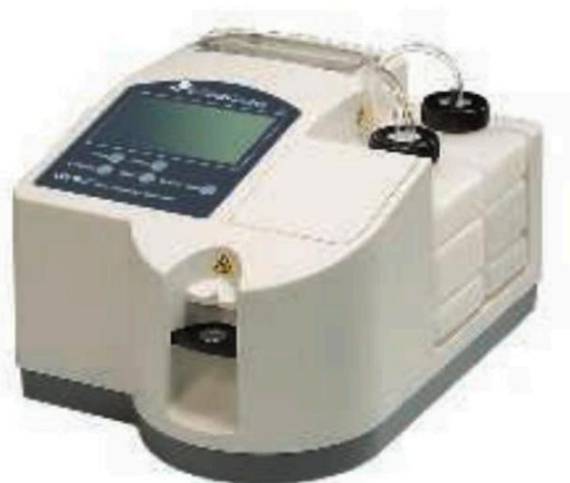
Tabla de colores de la orina

1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

▲ **Figura 5** El color de la orina se puede utilizar como un indicador subjetivo de deshidratación, donde un color más oscuro sugiere deshidratación; el uso de escalas de color puede evaluar esto de manera más objetiva.



▲ **Figura 6** Un hidrómetro mide la gravedad específica de la orina y ofrece una forma sencilla de evaluar la concentración de orina.



▲ **Figura 7** Uso de un osmómetro para medir el punto de congelación en la orina; el aumento de la concentración de soluto reduce el punto de congelación y esto se puede utilizar para cuantificar la concentración osmótica de la orina.

## Utilizar la masa corporal para controlar la deshidratación: un ejemplo sencillo

Durante una de sus sesiones de entrenamiento se controla la pérdida de líquidos y la estrategia de reposición de líquidos de un deportista. Se controla su masa corporal antes y después del entrenamiento y se registra su comportamiento en cuanto a la ingesta de líquidos. Los deportistas acuden al entrenamiento con una botella de bebida de 750 ml y consumen todo esto durante el entrenamiento.

Masa corporal antes del entrenamiento	75,8 kg
Masa corporal después de 2 horas de entrenamiento	74,1 kg
Líquidos consumidos durante el entrenamiento	750ml
Orina producida durante el entrenamiento	0 ml

A partir de estos datos podemos estimar:

Pérdida total de agua por sudoración (sin reposición de líquidos):

$$75,8 - 74,1 + 0,75 = 2,45 \text{ l}$$

Déficit total de agua restante después de la reposición del líquido (750 ml):

$$75,8 - 74,1 = 1,70 \text{ litros}$$

Este déficit equivale a: 1,70

$$\frac{1,70}{75,8} \times 100 = 2,2\% \text{ de la masa corporal total } 75,8$$

¿Cuáles son los supuestos de este enfoque simple?

- ¿Cuál era la tasa de sudoración de este atleta?
- ¿Qué consejo se le podría ofrecer a este atleta basándose en estos datos?

## Ideas de pensamiento

Cuando el entrenamiento y el ejercicio se realizan en un clima cálido, mantener el equilibrio de líquidos es aún más difícil y puede implicar una ingesta de hasta 10 a 15 litros de agua por día.

El atleta olímpico de la Figura 8 está usando agua durante el ejercicio en el calor.

¿Debería verter el contenido de la botella sobre ella misma o sería más beneficioso beberlo?

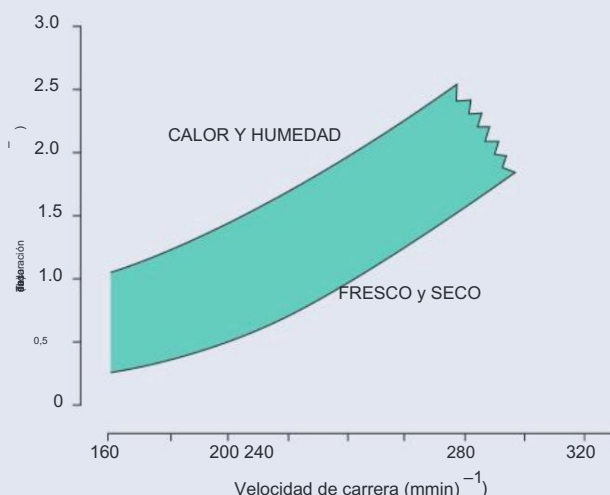
Hacer ejercicio con más intensidad implica un aumento de la tasa de producción de calor metabólico, y este calor debe liberarse al medio ambiente para controlar la temperatura corporal. Sudar más rápido ayuda a lograrlo, pero aumenta la deshidratación.

El gráfico de la Figura 9 muestra cómo correr más rápido acelera la pérdida de sudor; la combinación de esto con un ambiente caluroso empeora la situación y hace que los líquidos se desvanezcan.

El equilibrio es más difícil de mantener.



▲ Figura 8



▲ Figura 9

### ¿Por qué los deportistas necesitan más líquido?

El equilibrio hídrico puede verse alterado drásticamente cuando hacemos ejercicio o estamos expuestos a condiciones ambientales cálidas. Gran parte del calor metabólico generado por la contracción muscular durante el ejercicio se pierde en el medio ambiente debido a la evaporación del sudor de la superficie de la piel. Por lo tanto, las pérdidas de sudor tienden a ser mayores durante el ejercicio o la exposición a un clima cálido. Ambos escenarios significan que se debe aumentar la ingesta de líquidos para compensar las pérdidas y mantener el equilibrio hídrico.

Los factores que determinan la cantidad de sudor que se produce durante el ejercicio incluyen la temperatura ambiental, la humedad, la velocidad del aire, el tamaño corporal y la tasa metabólica. Cuando se pierden grandes cantidades de agua del cuerpo (por ejemplo, durante el ejercicio), el equilibrio entre el agua y los electrolitos en el cuerpo puede verse alterado, ya que los electrolitos se pierden en el sudor.

La deshidratación durante la participación en deportes y ejercicios suele ser inevitable.

Pero el grado de pérdida de líquidos debe controlarse. Hacer ejercicio en estado de deshidratación tiene riesgos para la salud (como un golpe de calor) y puede perjudicar el rendimiento deportivo.

La evidencia sugiere que los atletas deberían intentar no perder más del 2% de su masa corporal debido a pérdidas de líquidos.

### Regulación de electrolitos durante el ejercicio

Al comienzo del ejercicio, el agua se desplaza desde el plasma hacia los espacios intersticiales e intracelulares. La cantidad de agua que se desplaza desde el plasma hacia los espacios intersticiales e intracelulares está determinada por la cantidad de músculo activo y la intensidad del esfuerzo. Los subproductos metabólicos en los músculos aumentan la presión osmótica en esa zona (el agua se desplaza pasivamente hacia estas zonas por difusión).

La actividad muscular también aumenta la presión arterial (el agua se expulsa de la sangre a medida que aumenta la sudoración durante el ejercicio), lo que conduce a una disminución del volumen plasmático.

El hipotálamo, la glándula pituitaria y los riñones desempeñan funciones importantes en el control de los niveles de agua y el equilibrio electrolítico, tanto en reposo como durante el ejercicio.



#### Actividad 1

- Describe dos técnicas para monitorizar la hidratación en deportistas.
- Durante el ejercicio, ¿por qué se debe consumir más líquido?  
¿de lo que habla la sed?



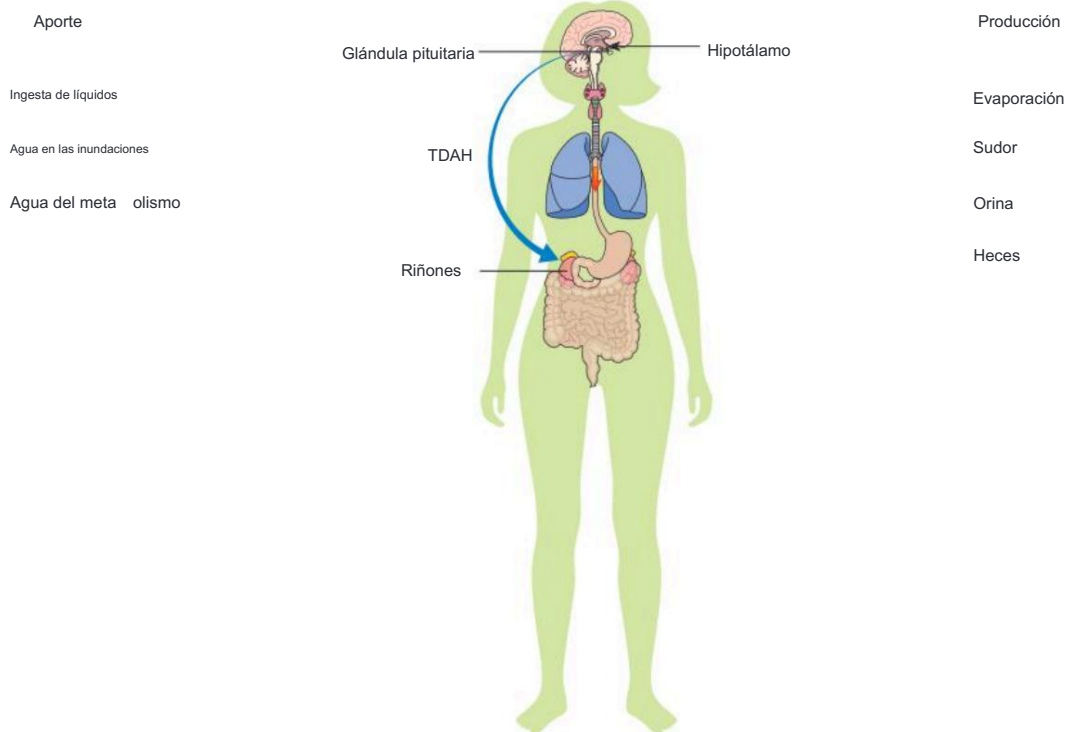


## Pregunta de enlace

¿Cuál es la relación entre el ambiente externo y el equilibrio electrolítico? (A.1.2 HL)

Considerar:

- impacto del medio ambiente (caliente y seco, o frío en altitud) sobre la tasa de pérdida de agua, en reposo y durante el ejercicio
  - funciones del agua en el cuerpo •  
electrolitos/iones y contracción muscular, nervios  
transmisión y equilibrio de líquidos dentro y entre las células
  - pérdida de electrolitos en el sudor (y la orina)
  - variabilidad individual en la tasa de sudoración y la composición electrolítica del sudor
  - homeostasis para mantener un equilibrio constante de agua y
- El equilibrio electrolítico implica la coordinación de muchas entradas/salidas, incluidas las vías neuronales y los centros integradores del cerebro y los efectores periféricos (Figura 10).



▲ Figura 10 Regulación del equilibrio hídrico y electrolítico

## Hiponatremia e hipernatremia

La reposición de líquidos durante el ejercicio es beneficiosa, especialmente durante el ejercicio prolongado en climas cálidos, pero el exceso de algo bueno puede ser perjudicial. Beber demasiado líquido con muy poco sodio puede provocar hiponatremia, que es una concentración plasmática baja de sodio. La hiponatremia se define como una concentración de sodio por debajo del rango normal de 135-145 mmol<sup>-1</sup>. Los primeros signos y síntomas incluyen hinchazón, náuseas, vómitos y dolor de cabeza. A medida que aumenta la gravedad, puede haber hinchazón en el cerebro y, finalmente, convulsiones, coma y potencialmente la muerte.

La hiponatremia suele presentarse durante los deportes de resistencia. La prevalencia de la hiponatremia asociada al ejercicio depende de:

- la duración de una prueba de resistencia (por ejemplo, es baja en maratón corriendo, de alto a muy alto en carreras de ultramaratón)
- la disciplina deportiva (por ejemplo, es poco frecuente en el ciclismo, frecuente en el running y triatlón, y muy frecuente en natación)

### Reflexiones de pensamiento

El óxido nítrico ayuda a regular la producción de fuerza en el músculo esquelético y mejora el flujo sanguíneo hacia los músculos en ejercicio. ¿Cómo podría afectar esto al rendimiento y la resistencia cardiovascular durante el ejercicio aeróbico prolongado?



- el sexo biológico (mayor riesgo en hembras biológicas con varias muertes reportadas) • la temperatura ambiente (mayor riesgo en temperaturas cálidas) • el país donde se lleva a cabo la competencia (muy común en los EE. UU., muy poco en Europa, prácticamente nunca en África, Asia y Oceanía) (Knechtle et al., 2019).

La hipernatremia se produce cuando hay un déficit de agua corporal total en relación con el contenido de sodio corporal total. Se produce como resultado de la deshidratación (que conduce a un estado de hipohidratación) o de un exceso de sodio en la dieta. El agua pasa de las células corporales al LEC, lo que provoca la deshidratación celular. La hipernatremia se define como una concentración de sodio  $>145 \text{ mmol l}^{-1}$ . Puede tener síntomas similares a los de la hiponatremia asociada al ejercicio, lo que dificulta la distinción entre ambas.

La hipernatremia ocurre durante o hasta 24 horas después de una actividad física prolongada.

### Términos clave

**Hiponatremia** Una condición en la que la concentración de sodio en el líquido corporal es demasiado baja.

**Hipernatremia** Una condición en la que la concentración de sodio en el líquido corporal es demasiado alta.



## Impacto global de la ciencia

### Hiponatremia

La hiponatremia es una afección en la que la concentración de sodio en el líquido corporal es demasiado baja. Se clasifica como una concentración plasmática de sodio  $<135 \text{ mmol l}^{-1}$ . Un efecto de esto es

El transporte de agua a las células. Las células cerebrales, que están limitadas por el cráneo, se ven afectadas negativamente por el aumento de presión y esto puede provocar la muerte en casos graves. Sin embargo, muchas personas desarrollan hiponatremia sin síntomas.

La hiponatremia puede surgir en diversas situaciones clínicas. El ejercicio se asocia con hiponatremia en determinadas condiciones y, en ocasiones, esto se ha relacionado con muertes. Hoy en día, la mayoría de los atletas están bien informados sobre el riesgo de hiponatremia, pero aún ocurren incidentes. Por ejemplo, un corredor sufrió una convulsión después de completar el Maratón de Londres en 2018 debido a la hiponatremia.

¿A qué se debe esto? Se ha sugerido como posible causa la pérdida de sal y líquidos a través del sudor en condiciones de calor y su reposición únicamente con agua, "diluyendo" así la sangre. Esto hace que la idea de las bebidas deportivas que contienen sal parezca lógica. Sin embargo, ¡no es tan simple!

Los datos actuales sugieren que la hiponatremia asociada al ejercicio es causada principalmente por el consumo excesivo de alcohol.

de líquidos durante el ejercicio de larga duración (a veces evidenciado por una ganancia en lugar de una pérdida de peso durante el ejercicio).

El consumo de bebidas deportivas comerciales puede hacer poca diferencia ya que su concentración de  $\text{Na}^+$  es muy baja.

Una razón para esto está relacionada con las ventas: las bebidas con sabor salado son menos deseables y pueden reducir las ventas entre la población general, la mayor porción del mercado.

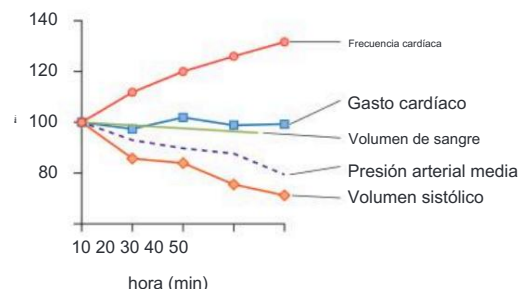
Ha habido cierta controversia sobre si la participación de los fabricantes de bebidas deportivas comerciales ha influido en la disponibilidad de información científica sobre la frecuencia de la hiponatremia y los consejos sobre la conducta de consumo de alcohol durante el ejercicio (Shephard, 2011; Noakes, 2011).

Cualquier tipo de patrocinio por parte de una empresa comercial representa un conflicto de intereses que debe ser examinado cuidadosamente.

- Una empresa puede deliberadamente o inadvertidamente restar importancia a la evidencia científica que contradice lo que dicen sobre sus productos.
- Es más probable que una empresa llame la atención sobre la evidencia científica que respalda sus productos.

## Disminución cardiovascular

La distensión cardiovascular es un fenómeno que se caracteriza por un aumento de la frecuencia cardíaca y una disminución del volumen sistólico a lo largo del tiempo, durante el ejercicio aeróbico prolongado a una intensidad constante (como caminar, andar en bicicleta o correr), tanto en entornos térmicos neutros como cálidos. Con el ejercicio prolongado, el volumen sistólico disminuye gradualmente y la frecuencia cardíaca aumenta para intentar mantener el gasto cardíaco, pero la presión arterial media también disminuye.



▲ Figura 11 Deriva cardiovascular

## Encontrado en el campo

Un soldado de 23 años fue encontrado en el bosque, sin reaccionar, durante un entrenamiento de campo en un día caluroso de verano (30 °C; 64% de humedad relativa). El soldado estaba físicamente en forma y aclimatado al calor. No tenía antecedentes médicos significativos, no había sufrido enfermedades recientes y negó haber tomado medicamentos o suplementos. Había superado con éxito la fase de evaluación de una semana de duración y físicamente exigente de una escuela de entrenamiento militar de élite. La semana siguiente de entrenamiento consistió en una variedad de eventos de campo al aire libre realizados con el uniforme completo y una mochila cargada. El día del colapso, recuerda haber realizado actividades de bajo nivel (planificación y preparación para patrullas) y simulacros intensos. También recuerdan haber comido todo lo que había en las "comidas preparadas" preenvasadas, incluido el paquete de sal. Durante uno de los simulacros, recuerdan el intenso calor y que reaccionaron más lentamente de lo habitual. Aproximadamente 10 minutos después, los encontraron boca abajo e inconscientes.

Los llevaron a una estación médica de campo, donde su temperatura central inicial era de 42 °C. Los colocaron inmediatamente en una tina de inmersión con agua helada durante aproximadamente 20 a 25 minutos. Se llamó a los servicios médicos de emergencia y, cuando llegaron, salieron de la tina de inmersión con una temperatura central de 38 °C. Estaban alertas, pero tenían un estado mental alterado persistente y un sodio sérico de 132 mmol l

<sup>-1</sup>. Ellos eran

Los llevaron a una unidad de cuidados intensivos y les administraron agua y líquidos electrolíticos adecuados. En las 12 horas siguientes al momento en que los encontraron, su sodio sérico se había corregido a 139 mmol l <sup>-1</sup>. Cuando fueron dados de alta, se encontraban en buen estado y en un seguimiento de una semana, tenían niveles de sodio normales.

1. ¿Qué condición se diagnosticó: hiponatremia o ¿hipematremia?
2. Identifique un factor de riesgo que estaba presente en esta situación para la condición que usted identificó.



## Teorías

Existen dos teorías predominantes que intentan explicar la(s) causa(s) de la distensión cardiovascular. En primer lugar, está el desplazamiento periférico de la sangre hacia la piel para facilitar la pérdida de calor y atenuar el aumento de la temperatura corporal central.

Más sangre en la piel como parte de la termorregulación significa que hay menos sangre disponible para regresar al corazón. La taquicardia (una frecuencia cardíaca en reposo mayor de 100 latidos por minuto 1) disminuye el tiempo de llenado ventricular. Por lo tanto, tanto el desplazamiento periférico de sangre a la piel como la disminución del tiempo de llenado ventricular contribuyen a un volumen sistólico reducido. A esto se suma que

También hay una pequeña disminución en el volumen sanguíneo debido a la sudoración y al movimiento del plasma hacia los tejidos circundantes, y la reducción en el volumen sistólico es el componente más llamativo de la deriva cardiovascular durante el esfuerzo prolongado. Para mantener el gasto cardíaco, la frecuencia cardíaca aumenta para compensar la disminución del volumen sistólico (y la disminución de la presión arterial media).

Desde hace varias décadas se ha debatido sobre la causa de la distensión cardiovascular. La disminución de la presión arterial media podría estar relacionada con la vasodilatación inducida por radicales libres, como el óxido nítrico, para aumentar el flujo sanguíneo de la piel y la sudoración para atenuar el aumento de la temperatura corporal. Por lo tanto, algunos sostienen que la distensión cardiovascular durante el ejercicio podría estar parcialmente influida por la vasodilatación inducida por el óxido nítrico durante el ejercicio (segunda teoría).

Sin embargo, hasta la fecha no existe ningún estudio que haya evaluado la

Influencia del óxido nítrico en la conducción cardiovascular durante el ejercicio submáximo.

Recientemente, otros han sugerido que la primera teoría es insuficiente porque, por ejemplo, la disminución progresiva del volumen sistólico persiste incluso cuando el flujo sanguíneo de la piel alcanza una meseta durante el ejercicio aeróbico prolongado tanto en entornos termoneutrales como cálidos. Destacan que existen varios factores que modulan la magnitud de la descompensación cardiovascular, como: la intensidad del ejercicio, la duración, el estado de entrenamiento, la deshidratación y las condiciones ambientales.

Sugieren que una reducción en el rendimiento cardíaco (o contractilidad) no ha sido considerada como un factor en la deriva cardiovascular.

En conclusión, la desfibrilación cardiovascular es un fenómeno multifactorial. No se puede explicar únicamente por la vasodilatación o el aumento de la frecuencia cardíaca. Todos los siguientes factores podrían contribuir a la desfibrilación cardiovascular en un manera dependiente del tiempo:

- aumento del flujo sanguíneo en la piel
- reducción del tiempo de llenado ventricular debido al aumento de la frecuencia cardíaca
- relación negativa entre fuerza y frecuencia cardíaca
- intensidad del ejercicio
- temperatura ambiente
- deshidratación.



### Pregunta de enlace

¿Qué tan confiable es la sensación de sed como indicador de deshidratación?

(NOS, A.1.1)

Considerar:

- aumento de la concentración osmótica plasmática y del hipotálamo
- barorreceptores y bajo volumen sanguíneo
- cuando el cuerpo comienza a sentir sed
- si puedes sentir sed cuando tu cuerpo no está deshidratado
- diferencias individuales
- beber cuando se tiene sed versus beber "para anticiparse a la sed".



### Pregunta de enlace

¿Qué técnicas son las más adecuadas para generar datos válidos y fiables sobre las condiciones internas del cuerpo durante el ejercicio?

(Herramienta 1, Indagación 2 y 3)

Considerar:

- monitorización de la frecuencia cardíaca (por ejemplo, intensidad del ejercicio)
- Medición del consumo de oxígeno (por ejemplo, tasa metabólica).
- análisis de lactato en sangre (por ejemplo, para determinar el umbral de lactato)
- análisis del intercambio de gases (por ejemplo, consumo de oxígeno y producción de dióxido de carbono)
- biopsia muscular (por ejemplo, actividad enzimática)
- otras técnicas (por ejemplo, monitorización de la temperatura corporal central, Monitorización de la actividad cerebral mediante resonancia magnética funcional).

### Pregunta de practica

Analice la regulación del equilibrio electrolítico en el ejercicio de resistencia.

(3 puntos)

# Resumen

- El agua es esencial para el ser humano; se utiliza para el transporte y la termorregulación y actúa como lubricante.
- La mayor parte de la masa corporal humana está compuesta de agua. (50%–70%); la proporción es mayor cuanto menos grasa corporal tengamos.
- La ingesta de agua y electrolitos se produce a través del intestino grueso.
- La pérdida de líquidos y electrolitos se produce por evaporación y excreción.
- En humanos sanos, la ingesta de agua y electrolitos (a través del intestino grueso, de los alimentos y bebidas) suele ser similar a la pérdida de agua (a través del sudor, la respiración, la orina y las heces), lo que da como resultado el mantenimiento de una masa corporal estable.
- En seres humanos sanos se produce normalmente una renovación de alrededor de 2,5 litros de agua al día.
- La ingesta de agua está controlada por la sed y la pérdida de agua es controlado por los riñones.
- La deshidratación, la hipernatremia y la hiponatremia son tres estados que pueden ocurrir si no se mantiene el equilibrio hídrico y electrolítico.
- El hipotálamo, la glándula pituitaria y los riñones. trabajan juntos para regular el equilibrio de agua y electrolitos a través de un mecanismo de retroalimentación que involucra a la hormona antidiurética (ADH).
- La deshidratación grave puede provocar la muerte; la deshidratación de más del 2% de la masa corporal puede reducir la capacidad de ejercicio de los atletas.
- La hipernatremia se refiere a un aumento del sodio sérico. concentración, específicamente una que se eleva por encima de 145 mmol l l . Los niveles normales de sodio en la sangre suelen rango de 135 a 145 mmol l .
- La hiponatremia se define por un nivel de sodio sérico inferior a 135 mmol l l
- Los atletas pueden perder sustancialmente más de 2,5 litros de agua por día debido al aumento de las pérdidas de sudor que surgen del ejercicio y el entrenamiento, en particular si esto ocurre en un ambiente caluroso.
- El equilibrio hídrico y electrolítico se puede medir en un variedad de formas, incluido el peso corporal, el color de la orina y la concentración osmótica.
- El equilibrio electrolítico está regulado por el hipotálamo, glándula pituitaria y riñones.
- La deriva cardiovascular es un fenómeno caracterizado por un aumento de la frecuencia cardíaca y una caída del volumen sistólico durante el ejercicio prolongado.

## Comprueba tu comprensión

Después de leer este capítulo, usted debería poder:

- describir las razones por las que el agua es esencial para los humanos
- explicar cómo el cuerpo controla su contenido de agua
- explicar las causas de la deshidratación, hipernatremia e hiponatremia
- explicar por qué es importante controlar la hidratación en los deportistas y algunas técnicas para hacerlo
- describir el fenómeno de la deriva cardiovascular.

# Preguntas de autoaprendizaje

1. Describe el mecanismo hormonal que ayuda a mantener el equilibrio hídrico corporal.
2. Sugiera por qué las bebidas deportivas son una intervención nutricional popular para los atletas.
3. Describa cómo se controla la ingesta de agua en reposo y durante el ejercicio.
4. Distinguir entre hipo e hipernatremia.
5. Explique cómo la duración del ejercicio puede causar distensión cardiovascular.



## Pregunta basada en datos 1

Un estudio (Webb et al., 2016) investigó la hidratación Estado de 52 deportistas universitarios antes y después de 90 minutos Sesión de entrenamiento, utilizando el color de la orina y la pérdida de peso como indicadores. La deshidratación se definió como una pérdida de masa corporal

del 2% o más, y la hiperhidratación se definió como un aumento de masa corporal de más del 1%. La Tabla 1 muestra la porcentajes de deportistas según estado de hidratación para diferentes Deportes pre y post entrenamiento.

▼ Tabla 1

Deporte	Pre-entrenamiento		Post-entrenamiento	
	Hiperhidratado (%)	Deshidratado (%)	Hiperhidratado (%)	Deshidratado (%)
fútbol	5.8	13.5	1.9	21.2
baloncesto	11.5	3.8	0.0	13.5
cricket	3.8	1.9	0.0	5.8
natación	3.8	5.8	13.5	1.9
voleibol	5.8	3.8	0.0	13.5

1. Identifique el deporte con el mayor porcentaje de atletas que se deshidrataron después del entrenamiento. (1 punto)
2. Explique el estado de hidratación de los jugadores de baloncesto y cricket desde antes hasta después del entrenamiento. (4 puntos)



## Pregunta basada en datos 2

Un estudio (Krabak et al., 2017) evaluó la incidencia de Hiponatremia asociada al ejercicio (concentración de sodio) menos de 135 mmol l<sup>-1</sup>), Hipernatremia (concentración de sodio más de 145 mmol l<sup>-1</sup>) y normonatremia (sodio concentración entre 135 y 145 mmol l<sup>-1</sup>). El cuerpo rango normal de concentración de sodio) y la hidratación

Estado durante un ultramaratón de varias etapas de 250 kilómetros a través del desierto de Atacama en Chile. Análisis de sangre Se obtuvo la concentración de sodio de 124 participantes. Inmediatamente después de finalizar la carrera. Hidratación El estado se basó en los cambios de peso corporal. El post-carrera Los datos de los participantes se muestran en la Tabla 2.

▼ Tabla 2

Estado de hidratación	Número de participantes presentando hipernatremia	Número de participantes exhibiendo normonatremia	Número de participantes presentando hiponatremia
sobrehidratación	2	13	5
euhidratación	8	25	2
deshidratación	17	45	7

1. Calcule la diferencia entre corredores sobrehidratados que experimentaron normonatremia y corredores sobrehidratados. corredores que experimentaron hipernatremia. (1 punto)
2. Explique cómo un corredor puede sobrehidratarse y experimentar hipernatremia o hiponatremia. (3 puntos)