

# Módulo 2. Hidratación en el ejercicio

## Unidad 2.1 Deshidratación y rendimiento

La relación entre la deshidratación de un sujeto y el rendimiento físico puede ocasionarse de modo voluntario o involuntario. Dicha deshidratación hace referencia a la pérdida de agua corporal a partir de un estado que pasa de hiperhidratación a euhidratación, o bien de la euhidratación a la hipohidratación.

Hacemos referencia a la deshidratación voluntaria cuando es usada por el atleta de modo intencional para suponer una supuesta ventaja deportiva (por ejemplo, competir en categorías de peso más bajas) y recurre a técnicas como el uso de saunas, vapor, diuréticos o sudoración inducida por el ejercicio sin ingerir líquidos.

Por otro lado, hablamos de deshidratación involuntaria como consecuencia de una mayor pérdida de líquidos por sudoración en comparación con la ingesta de líquidos durante el entrenamiento o la competencia que se encuentra ejecutando el sujeto.

Independientemente de cómo se lleve a cabo, la deshidratación puede afectar numerosos procesos fisiológicos y esto, a su vez, perjudicar el rendimiento del atleta. La deshidratación incrementa la tensión fisiológica, ya que mientras mayor sea el déficit de agua corporal, mayor será el aumento en la tensión fisiológica para un ejercicio.

Un estadio de deshidratación mayor al 2 % del peso corporal disminuye el rendimiento (preferentemente en el ejercicio aeróbico) y en la medida en que el porcentaje de pérdida de peso se hace más evidente por la falta de ingesta de líquidos, la merma en el ejercicio puede ser aún mayor. Debemos contemplar, de todas formas, que la magnitud de la disminución en la tarea está probablemente relacionada con la temperatura ambiental, el tipo de ejercicio y las características biológicas únicas del individuo (por ejemplo, la tolerancia a la deshidratación). Algunos individuos, por tanto, serán más o menos tolerantes a la deshidratación (ASCM, 2007).

### 2.1.1 Efectos de la deshidratación en el rendimiento

En un ejercicio prolongado, el resultante de la fatiga puede ser generado tanto por la deshidratación como por el agotamiento de sustratos para realizar la prueba en cuestión. Niveles de deshidratación superiores a una pérdida del 2 % de la masa corporal fueron estudiados en soldados y atletas, cuyos efectos reflejaron una merma en el rendimiento

cognitivo de aquellos (Grandjean, 2007, Lieberman, 2012, Masento, Golightly, Field, Butler y van Reekum, 2014).

Armstrong, Costill y Fink (1985) demostraron que la pérdida de 1,5 a 2% de masa corporal redujo el rendimiento en carreras de distancias de 1500 m, 5000 m y 10.000 m, al disminuir la velocidad, sobre todo, en las últimas etapas de las carreras; además, los efectos adversos fueron más evidentes en las carreras más largas (Armstrong, Costill y Fink, 1985).

En su revisión, Coyle (2004) indicó que la deshidratación reduce el rendimiento en el ejercicio de resistencia a través de varios mecanismos que se interrelacionan, tales como el aumento de la tensión cardiovascular, debido a la hipertermia y la reducción del volumen sanguíneo, así como por los efectos directos de la hipertermia sobre el metabolismo del músculo y la función neurológica (Coyle, 2004).

El déficit de agua, sin la pérdida proporcional de cloruro de sodio, es la forma de deshidratación más común durante el ejercicio. Si ocurren mayores deficiencias de cloruro de sodio durante el ejercicio, entonces el volumen de fluido extracelular se contraerá y causará deshidratación por reducción de las reservas de sodio. Independientemente del método de deshidratación, para cualquier déficit de agua hay similitudes en la alteración de la función fisiológica y consecuencias en el rendimiento (ASCM, 2007).

La deshidratación y la hipertermia tienen un gran efecto en la reducción del volumen-latido y en el flujo de sangre que va al músculo, lo cual limita el aporte de oxígeno a dichos músculos que se ejercitan. Se ha observado que la deshidratación incrementa el uso del glucógeno muscular durante el ejercicio continuo, lo cual afecta claramente al rendimiento.

El recorrido del flujo sanguíneo a la piel disminuye con la deshidratación y, en la medida en que esta aumenta, mayor es la elevación de la temperatura central y la frecuencia cardíaca, razón por la cual es mayor la disminución en el volumen sistólico (cantidad de sangre bombeada por el corazón en un latido).

Podemos observar en la tabla siguiente un resumen de factores fisiológicos que contribuyen a la disminución del rendimiento.

**Tabla 1: Factores fisiológicos ocasionados por la deshidratación**

<b>Aumento de la temperatura corporal central.</b>
<b>Elevación de la tensión cardiovascular:</b> Menor volumen de sangre Menor volumen por latido Menor flujo sanguíneo al músculo
<b>Alteración de la función metabólica.</b>
<b>Alteración de la función del SNC.</b>
<b>Mayor utilización de glucógeno.</b>

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que la capacidad de resistencia se ve mucho más afectada cuando hay deshidratación en ambientes calientes que en los fríos, lo que implica que la disminución de la función termorreguladora es un factor determinante en la caída del rendimiento, vinculado con un déficit de agua corporal.

Es objeto de discusión actualmente el hecho de si la deshidratación puede también ser un factor importante en el inicio de la molestia gastrointestinal (GI), tales como náuseas, vómitos, meteorismo, cólicos gastrointestinales y demás.

## **2.1.2 Complicaciones por calor**

Las altas temperaturas y la actividad física son una combinación que puede generar un gran estrés en el organismo. Contemplando que es preferible prevenir dicha problemática antes que remediarla es que debemos prestar especial atención a deportistas que configuran el grupo de riesgo, tales como niños, ancianos, o bien aquellos que presenten mala condición física al momento de ejercitar.

Tratando de ordenar las complicaciones por calor de acuerdo con la gravedad del asunto, las podemos clasificar en calambres musculares asociados al ejercicio, en agotamiento por calor y en golpe de calor por esfuerzo.

### **Calambres por calor**

Los calambres son básicamente una forma de hiperactividad de la unidad motora que provoca dolorosas contracciones musculares involuntarias. Los calambres por calor son aquellos que se asocian a la pérdida de sudor y presentan una diferencia sutil respecto del calambre asociado al ejercicio, ya que son diagnosticados cuando la restitución de sodio los resuelve.

Las personas que presentan este tipo de calambres tienden a tener una sudoración elevada

y, a su vez, una concentración de sodio elevada en su sudor. Al presentarse calambres por calor, la temperatura corporal no necesariamente se incrementa. Su prevención implica dos situaciones:

1. Ingesta de líquidos con adecuada carga de sodio.
2. Incremento del consumo diario de sal, previamente a enfrentar dicha tensión por calor (por ejemplo, adicionando sal en las comidas principales).

La incapacidad para restituir estos minerales con frecuencia determina dolor y espasmos musculares, mayoritariamente en el abdomen y las extremidades.

La etiología exacta de los calambres por calor es desconocida y difícil de investigar, pero, como dijimos anteriormente, el déficit de sodio parece que juega un papel importante en su desarrollo.

### **Agotamiento por calor**

El agotamiento por calor se define como la incapacidad para continuar con el ejercicio. El agotamiento por calor aparece después de tener pérdidas significativas de líquidos y electrolitos e insuficiencia cardiovascular. Es la complicación por calor más común entre la gente físicamente activa, sobre todo en las personas con deshidratación, desentrenadas y no aclimatadas al calor.

El agotamiento por calor inducido por el ejercicio ocurre por la falta de efectividad de los ajustes circulatorios, al disminuir el volumen plasmático por la sudoración excesiva. La sangre se acumula en los vasos periféricos y reduce de forma notoria el volumen de sangre central requerido para mantener el gasto cardíaco. Se lo conoce como un “freno” que protege al cuerpo en condiciones estresantes, por lo que merece atención para evitar complicaciones mayores.

Las principales características del agotamiento por calor incluyen pulso débil y rápido, hipotensión, cefalea, mareo y debilidad general. La gran mayoría de los atletas que presentan agotamiento por calor se recupera en el lugar de la competencia con adecuada hidratación o con tratamiento intravenoso para mayor efectividad. De todos modos, luego del evento se debe suspender la actividad, ya que no es viable el regreso inmediato al ejercicio (se debe descansar e hidratarse correctamente en las siguientes 24-48 horas).

### **Golpe de calor por esfuerzo**

Como dijimos anteriormente, es la más grave y compleja de las complicaciones, ya que requiere atención médica inmediata.

La forma clásica de manifestación expresa una temperatura central que excede los 40,5 °C, con alteración del estado mental y ausencia de sudoración. Es como si el sistema de termorregulación se detuviera, lo cual hace que, de esta manera, se eleve la temperatura.

En este estadio, se recomienda la inmersión en agua fría o agua con hielo, ya que esto produce una tasa de enfriamiento más rápida. La magnitud y duración de la hipertermia determina el daño a los órganos y el consecuente riesgo de mortalidad (cuanto mayor sea el tiempo de temperatura elevada, mayor será el daño al sistema nervioso central y al resto de los órganos).

*En estos casos, la temperatura oral, en relación con la rectal, no constituye una medida precisa de la temperatura central después de un ejercicio extenuante. Esto se debe a que depende de los efectos que sobre la temperatura oral tiene el enfriamiento por evaporación de la boca y las vías aéreas, que deriva del incremento en la ventilación pulmonar durante el ejercicio.*

### 2.1.3 Pérdidas de sudor y electrolitos en el ejercicio

El cuerpo humano contiene dos diferentes tipos de glándulas sudoríparas. Las apocrinas que se localizan en las áreas vellositarias del cuerpo (axila, periné, pubis, etc.) y son las encargadas de producir sustancias que, al ser descompuestas por bacterias, son las responsables del olor característico de dichas zonas. De todos modos, aquí les prestaremos especial atención a las ecrinas, las cuales están involucradas principalmente en la regulación de la temperatura.

La cantidad de líquidos que pierde un deportista durante el ejercicio puede variar notablemente y, por ello, debemos identificar cuáles son los factores externos y las características individuales del sujeto que predisponen a dicha variación:

**1) Los factores externos son los siguientes:**

- a. Duración e intensidad del ejercicio.
- b. Vestimenta utilizada.
- c. Condiciones ambientales.

**2) Las características del sujeto son:**

- a. Predisposición genética.
- b. Peso corporal.
- c. Condición física (se produce una mayor cantidad de sudor a mejor condición).
- d. Aclimatación (una mejor aclimatación produce un mayor sudor en el sujeto).

Si bien el sudor es principalmente agua (alrededor de 99 %), se pueden encontrar ciertos

electrolitos importantes y otros nutrientes en diversas cantidades. El sudor es hipotónico en comparación con los líquidos en el cuerpo. Esto quiere decir que la concentración de electrolitos es menor en el sudor que en los líquidos corporales.

La composición del sudor puede variar dependiendo la persona en cuestión y será incluso diferente entre los individuos cuando estos se adapten al calor. Los principales electrolitos que se encuentran en su composición son el sodio y el cloruro, ya que el sudor se deriva de líquidos extracelulares, como el plasma y los líquidos intercelulares, los cuales tienen alto contenido de estos electrolitos.

Tal como detallamos en la tabla 2, los otros minerales que se “pierden” en pequeñas cantidades -pero a los que debemos prestar atención- incluyen al potasio, magnesio, calcio, sodio y cloro.

**Tabla 2: Concentración de electrolitos presentes en el sudor**

Electrolitos	Sudor (meq/L)	
	Promedio	Rango
<b>Sodio</b>	35	10 – 70
<b>Potasio</b>	5	3 – 15
<b>Calcio</b>	1	0,3 – 2
<b>Magnesio</b>	0,8	0,2 – 1,5
<b>Cloro</b>	30	5 - 60

Fuente: elaboración propia.

Se debe prestar especial atención a aquellos deportistas que pierden grandes cantidades de sudor, ya que pueden necesitar aumentar la ingesta dietética de ciertos electrolitos porque se acentúan sus pérdidas durante el ejercicio. La sudoración prolongada puede disminuir la concentración de sodio y cloro en el orden del 5-7 % y el potasio alrededor del 1 %, razón por la cual, si no son compensados diariamente, predisponen una deficiencia de estos iones.

#### **2.1.4 Lineamientos del American College of Sports Medicine (ACSM)**

El American College of Sports Medicine propone, a través de su último pronunciamiento (ACSM, 2007), mantener una hidratación adecuada de los individuos que realizan actividad física. Resume, además, el conocimiento acerca del ejercicio con respecto a las necesidades de líquidos y electrolitos y el impacto de sus desequilibrios sobre el rendimiento deportivo y la salud. Entre sus principales lineamientos, direcciona al *timing* de consumo de líquidos, según el momento del ejercicio en el cual se encuentra el deportista.

## Reposición de fluidos antes del ejercicio

El programa de hidratación antes del ejercicio ayudará a asegurar que se corrija cualquier deficiencia previa de líquidos y/o electrolitos antes de que se inicie la actividad.

Propone una ingesta de bebidas aproximada a los 5-7 ml/kg peso, al menos 4 horas antes del ejercicio, contemplando que si el individuo no produce orina, o la orina es oscura previamente al evento, deberá adicionar otros 3-5 ml/kg peso, 2 horas antes del evento en cuestión.

El consumo de bebidas con sodio (20-50 meq/l) y/o pequeñas cantidades de meriendas saladas o alimentos que contengan sodio en las comidas ayudará a estimular la sed y retener los líquidos consumidos.

El intento de hiperhidratarse con líquidos que expandan los espacios extracelular e intracelular (por ejemplo, soluciones de agua y glicerol) aumentará el riesgo de tener que orinar durante la competencia y no aporta ventajas fisiológicas en el rendimiento en comparación con la euhidratación.

La temperatura del agua preferida frecuentemente está entre 15 y 21 °C, pero este factor y la preferencia de sabor varían significativamente entre diferentes individuos y culturas (Castaño, 2012).

*El consumo de bebidas con sodio y/o comidas saladas con bebidas puede ayudar a estimular la sed y retener los líquidos que se necesitan para el evento próximo.*

## Reposición de fluidos durante el ejercicio

Es difícil recomendar un programa específico de reposición de líquidos y electrolitos debido a las diferentes características de ejercicios (requerimientos metabólicos, duración, vestimenta, equipo), las condiciones climáticas y otros factores (por ejemplo, la predisposición genética, la aclimatización al calor y el estado de entrenamiento), los cuales influyen en la tasa de sudoración y en las concentraciones de electrolitos en el sudor de una persona (ACSM, 2012).

Tal como veremos en el capítulo siguiente, obtener la tasa de sudoración del deportista nos permitirá tener un patrón para hacer una reposición de líquidos segura durante el evento. Se recomienda, por tanto, que los individuos puedan monitorear los cambios en el peso corporal durante las sesiones de entrenamiento o las competencias para estimar sus pérdidas de sudoración durante una tarea de ejercicio en particular con respecto a las condiciones climáticas del momento.

La composición de los líquidos consumidos puede ser importante. Según el Instituto de Medicina (1994), se recomienda que este tipo de bebidas pueda contener aproximadamente 20-30 meq/l de sodio, 2-5 meq/l de potasio y 5-10 % de carbohidratos (IOM, 1994). La necesidad de estos diferentes componentes (carbohidratos y electrolitos) dependerá de la tarea de ejercicio específica (por ejemplo, la intensidad y la duración) y condiciones del clima. La posición del ASCM también indica que el cloruro de sodio ingerido en una bebida consumida durante el ejercicio puede ayudar a asegurar una ingesta adecuada de fluidos y estimular una más completa rehidratación luego del ejercicio. Ambas respuestas resaltan el papel importante que juega el sodio en el mantenimiento del impulso osmótico para hidratarse y en el estímulo osmótico para retener fluido en el espacio extracelular (ASCM, 2012)

En cuanto al consumo de carbohidratos durante ejercicios de alta intensidad, esto es, de 1 hora de duración o más, se ha demostrado que es beneficioso. Una tasa de 30-60 g/h mantiene los niveles de glucosa en la sangre y sostiene el rendimiento en el ejercicio. Las tasas más altas de entrega de carbohidratos se alcanzan con una mezcla de azúcares (por ejemplo, glucosa, sacarosa, fructosa, maltodextrina). Si tanto la reposición de líquidos como la entrega de carbohidratos van a ser cubiertas con una sola bebida, la concentración de carbohidratos no debe exceder del 8 % e incluso ser ligeramente menor, ya que las bebidas con una concentración alta de carbohidratos reducen el vaciamiento gástrico.

*El consumo de 500-1000 c. c. de bebida deportiva (con un 6-8 % de CHO) aporta de 30 a 80 gramos/hora junto con suficiente agua. Dicho consumo podría evitar una deshidratación excesiva y, a la vez, supercompensar el vacío glucogénico que ocurre en la actividad.*

La posición del ASCM propone también que el consumo de cafeína en dosis adecuadas podría ayudar a sostener el rendimiento en el ejercicio y, probablemente, no alteraría el estado de hidratación durante el ejercicio.

## **Reposición de fluidos después del ejercicio**

La ingesta de fluidos luego de la actividad física puede ser un factor crítico para ayudar a una recuperación rápida entre cada sesión de actividad física. Muchos atletas entrenan más de una vez al día, lo cual hace de la rehidratación rápida un aspecto de importante consideración, sobre todo si se entrena en ambientes cálidos.

Maughan, Leiper y Shirreffs (1996) sostienen que la ingestión de agua es inefectiva para producir una hidratación normal, ya que la absorción del agua disminuye la osmolaridad plasmática, por lo que suprime la sed e incrementa la producción de orina. Cuando se

aporta sodio, ya sea por bebidas rehidratantes o por los alimentos, se mantiene el estímulo osmótico de la sed y se reduce la producción de la orina (Maughan, Leiper y Shirreffs, 1996).

La meta principal, según recomendaciones de ASCM, es reponer completamente cualquier deficiencia de líquidos y electrolitos que se presente durante el entrenamiento. La carga de líquidos depende de la velocidad en que la rehidratación deba completarse y de la magnitud de la deficiencia de líquidos y electrolitos. Si el tiempo de recuperación y las oportunidades lo permiten, el consumo de alimentos, junto con el volumen suficiente de agua, restaurará la euhidratación (mediante el aporte de alimentos que contengan suficiente sodio para reponer las pérdidas por sudor). Si la deshidratación es sustancial con períodos de recuperación relativamente cortos (menos de 12 horas), entonces podrían ser necesarios programas de rehidratación agresivos (vía intravenosa).

Las pérdidas de sodio son más difíciles de cuantificar que las pérdidas de agua. Si bien se sabe que los individuos pierden electrolitos en el sudor a tasas diferenciales, adicionarles un poco de sal extra a los alimentos y a los líquidos de la recuperación puede ser beneficioso cuando las pérdidas en sudor son abundantes.

Para cubrir las pérdidas ocasionadas en el ejercicio, la revisión indica que se requiere una ingesta de 1,5 litros de líquidos (o más) por cada kilogramo de peso perdido en el entrenamiento. Cuando sea posible, los líquidos deben consumirse espaciados en el tiempo (y con suficientes electrolitos), en lugar de ser ingeridos en grandes cantidades en un tiempo corto (Castaño, 2012).

*Se recomienda ingerir como mínimo un 150 % de la pérdida de peso en las primeras 6 horas tras el ejercicio, para cubrir el líquido eliminado tanto por el sudor como por la orina; de esta manera, se recuperará el equilibrio hídrico.*

*A modo de ejemplo: un individuo que pierde 1 kg de peso luego del esfuerzo debe ingerir un mínimo de 1500 c. c. de líquidos para compensar las pérdidas ocasionadas.*

*A su vez, la rehidratación debe iniciarse tan pronto como finalice el ejercicio y aun cuando no aparezca la sensación de sed.*

Pérdidas mayores al 7 % del peso corporal, con náusea, vomito o diarrea, o quienes, por alguna razón, no puedan ingerir líquidos por vía oral, pueden justificar una reposición de líquidos por vía intravenosa. En el resto de las situaciones, el aporte por esta vía no aporta una ventaja sobre la vía oral para reponer las deficiencias.

## Unidad 2.2 Evaluación del estado de sudoración

El patrón de sudoración de cada sujeto es muy variable, de manera que algunos son más propensos que otros a la deshidratación. Poder establecerlo es complejo, ya que no hay un consenso sobre la mejor forma de determinarlo y los métodos más fiables, según la literatura, no están al alcance del deportista/evaluador. Es aquí donde una combinación de métodos sencillos nos permite tener cierto grado de certeza en cuanto a las necesidades de los atletas.

Como vimos en el inicio del módulo, la ganancia de agua proviene del consumo total de líquidos/alimentos y de la producción metabólica endógena, mientras que las pérdidas de agua ocurren por vías respiratorias, gastrointestinales, renales y el sudor.

Tal como propone el Colegio Americano del Deporte:

Cuando se evalúa el estado de hidratación de un individuo, no hay un único valor de ACT (agua corporal total) que represente a la euhidratación. Las determinaciones necesitan hacerse a partir de las fluctuaciones más allá de un rango que tenga consecuencias funcionales. Idealmente, los marcadores biológicos de la hidratación deben ser sensibles y lo suficientemente precisos para detectar fluctuaciones en el agua corporal de aproximadamente el 3% del Agua Corporal Total (o el cambio en el contenido de agua suficiente para detectar fluctuaciones de aproximadamente 2% del peso corporal para la persona promedio). Además, el marcador biológico también debe ser de uso práctico (tiempo, costo y destreza técnica) para individuos y entrenadores (<http://www.acsm.org/>).

A raíz de esta propuesta, consideramos que tanto el cambio del peso corporal en el sujeto como los indicadores de orina son aquellos más prácticos para desarrollar en terreno en pos de hacer un diagnóstico básico de la situación.

La siguiente tabla nos da una pauta acerca de la variedad de marcadores biológicos de la hidratación, su utilidad y la variedad ante cambios agudos o crónicos del estado.

**Tabla 3: Marcadores biológicos del estado de hidratación**

Medición	Utilidad práctica	Validez ante cambios agudos o crónicos	Punto de corte de euhidratación
Agua corporal total	Baja	Agudos y crónicos	<2%
Osmolaridad del plasma	Media	Agudos y crónicos	< 290 mOsmol

<b>Gravedad específica de la orina</b>	<b>Alta</b>	<b>Crónicos</b>	<b>&lt; 1020 Usg</b>
<b>Osmolaridad de la orina</b>	<b>Alta</b>	<b>Crónicos</b>	<b>&lt; 700 mOsmol</b>
<b>Peso corporal</b>	<b>Alta</b>	<b>Agudos y crónicos</b>	<b>&lt; 1%</b>

Fuente: <http://www.acsm.org/>

A su vez, serán también aquellos que desarrollemos en el módulo para conocer su practicidad y/o utilidad en diferentes momentos.

### 2.2.1 Agua corporal total

El proceso de la medición del balance de agua por la recolección de datos de entradas y salidas ha sido modernizado por la estimación del agua corporal total (ACT), la cual conlleva mediciones de la dilución de las cantidades trazadas de un isótopo (generalmente óxido de deuterio,  $^2\text{H}_2\text{O}$ ).

Se coloca un volumen y una concentración conocidos de un isótopo dentro del cuerpo, y más tarde se determina una nueva concentración del isótopo en una muestra de fluido corporal (sangre, saliva, etc.) después de que el marcador ha llegado a distribuirse similarmente a través de los fluidos corporales. Se calcula el volumen desconocido (ACT), sabiendo que una baja concentración del isótopo en la muestra significa que el volumen de fluido corporal debe ser relativamente grande y viceversa. Como otras técnicas cuantitativas, la dilución de isótopos no permite la determinación de una línea base adecuada debido a la amplia variabilidad en la composición corporal y en la variabilidad asociada en el agua corporal total normal. Sin embargo, el error total de la medición del ACT con dilución de marcadores es tan bajo como 1% (Ritz, 1998), así permite la medición de pequeños cambios en los fluidos corporales.

Dicho modelo nos suministra una de las mediciones más fiables que es posible realizar para conocer el estado de hidratación corporal, pero no es de utilidad para la mayoría de las personas debido a su practicidad.

### 2.2.2 Osmolaridad en el plasma

La osmolaridad del plasma está controlada alrededor de un punto fijo de euhidratación de aproximadamente 285 mOsm/kg (Panel DRI 2015). Si no se reemplazan las pérdidas de sudor por ejercicio, se reduce el volumen de agua corporal. El volumen plasmático y el agua extracelular disminuyen porque aportan el líquido para el sudor, y aumenta la osmolaridad del plasma porque el sudor es hipotónico en relación al plasma. En otras palabras, el sudor

remueve relativamente más agua de los fluidos corporales que solutos como el sodio y el cloruro, y estos solutos osmóticamente activos aumentan en el plasma sanguíneo. El aumento en la presión osmótica del plasma es proporcional a la disminución en el agua corporal total. Popowski y cols (2001) demostraron bajo condiciones bien controladas, que la osmolaridad del plasma aumenta en aproximadamente 5 mOsm/kg por cada pérdida cercana al 2% del peso corporal por sudoración. También se observó que la osmolaridad del plasma regresa a valores normales durante la rehidratación, razón por la cual es una de las variables que está sujeta a los cambios de corto plazo.

Dicho modelo, si bien es menos complejo que el de ACT, también es complejo para la medición y, por ello, generalmente no tiene utilidad en el campo.

### **2.2.3 Indicadores de orina (color, gravedad específica y osmolaridad)**

Los indicadores urinarios de deshidratación nos marcan una gravedad específica (GEO) y una osmolaridad (OOsm) de la orina elevada, junto con una coloración (OCol) oscura de esta. Tal como explicábamos anteriormente, si bien no son fiables como los métodos anteriores, en sumatoria, respecto de lo que ocurre con el peso del atleta, nos permite observar y aproximar el estadio de hidratación del sujeto en cuestión.

La orina es una solución de agua y otras sustancias, las cuales aumentan o disminuyen su concentración conforme al volumen total. Se vincula, además, con la deshidratación; por ello, la producción de orina varía para regular el balance de líquidos.

La producción de orina es aproximadamente de 1 a 2 litros por día, pero puede aumentar 10 veces más cuando se consumen grandes cantidades de líquido (Sawka, 2005). Esta gran capacidad de variar la producción de orina representa la principal vía para regular el balance neto de agua corporal a través del amplio rango de volúmenes de consumo de líquidos y pérdidas de fluidos por otras vías. Aunque es poco práctico medir el volumen de orina diariamente, la evaluación cuantitativa (GEO, OOsm) o cualitativa (OCol) de su concentración es mucho más sencilla. Como herramienta de investigación para diferenciar la euhidratación de la deshidratación, la concentración de la orina indicada por la GEO, la OOsm o la OCol es una técnica de evaluación confiable con umbrales razonablemente definidos (Armstrong, 1994, Bartok, Schoeller, Sullivan, Clark y Landry, 2004, Shirreffs y Maughan, 1998).

En la siguiente tabla podemos observar valores razonables por categoría y contemplar que son indicadores fidedignos para orientarnos en cuanto a la deshidratación crónica y no a la aguda, puesto que el consumo de una gran cantidad de líquido puede modificar la valoración del estado de hidratación a partir de estos indicadores. Es por ello que se deben utilizar muestras de la primera orina del día o después de varias horas (al menos 24), en las cuales el estado de hidratación se encuentre estable.

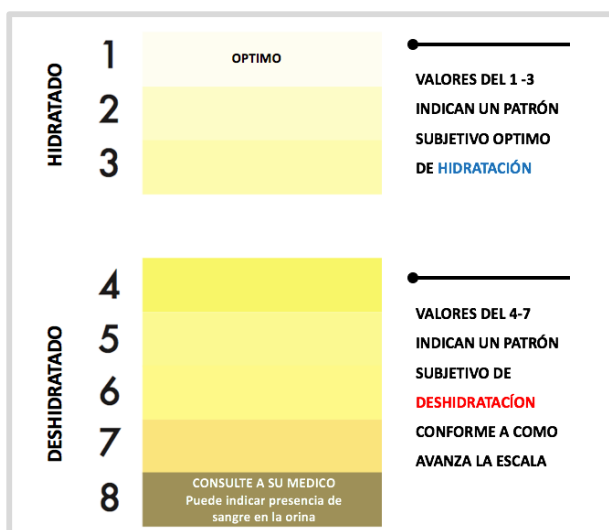
Tabla 4: Categorías de hidratación (para un sujeto de 75 kg)

Categoría de hidratación	GEO en ayuno (Usg)	GEO de 24 h. (Usg)	Osmolaridad en ayuno (mOsm)	Osmolaridad de 24 h. (mOsm)
Extremadamente hidratado	<1017	<1012	<545	<377
Muy bien hidratado	1017 – 1021	1012 – 1014	545 – 713	377 – 475
Bien hidratado	1022 – 1023	1015 – 1017	714 – 817	476 – 586
Normohidratado	1024 – 1026	1018 – 1020	818 – 924	587 – 766
Ligeramente deshidratado	1027 – 1028	1021 – 1024	925 – 999	767 – 880
Muy deshidratado	1029 – 1031	1025 – 1027	1000 – 1129	881 – 1013
Extremadamente deshidratado	< 1031	< 1027	< 1129	< 1013

Fuente: (Armstrong, Pumerantz, Fiala, Roti, Kavouras, Casa y Maresh, 2010).

Otra de las herramientas que es preciso contemplar, precisamente por su practicidad, es el *Urine Charts*, el cual consta de una escala de ocho colores de orina que va oscureciendo su coloración en la medida en que mayor sea la deshidratación que presente el sujeto. Sobre la base de esta escala, dichos especialistas encontraron que el color mostraba una elevada correlación con la gravedad específica y la osmolaridad de la orina y, por lo mismo, que podía usarse para determinar el estado de hidratación cuando no es necesaria una gran precisión (como por ejemplo, para el uso con deportistas en el campo de trabajo, cuyo uso no es válido en protocolos de investigación). De todos modos, debemos contemplar que es una herramienta subjetiva y que, a la vez, el color de la orina puede alterarse por enfermedades, consumo de vitaminas o fármacos, ciertos alimentos y algunos aditivos alimentarios.

Figura 1: Escala de Urine Chart



Fuente: Armstrong et al., 1994.

## 2.2.4 Peso corporal/tasa de sudoración

Una manera sencilla de determinar el grado de deshidratación alcanzado en una actividad física consiste en pesar al deportista antes y después de realizar el ejercicio. Al comparar el peso corporal del deportista antes y después, se puede determinar el grado de deshidratación provocado por el ejercicio, ya que se contempla que, en esfuerzos intermitentes inferiores a las 3 horas y en condiciones meteorológicas no extremas (inferiores a 35 °C y superiores a 5 °C), la pérdida de agua mediante la respiración no es significativa respecto de la producida a través del sudor.

Esta herramienta se utiliza frecuentemente para evaluar los cambios rápidos en la hidratación del atleta generalmente en campo. El uso de esta técnica implica que 1 gramo de masa perdida es equivalente a 1 ml de agua perdida.

Generalmente, en personas bien hidratadas que están en balance de energía, el peso corporal (PC) en ayuno (después de orinar) será estable y fluctuará en <1%. Al despertarse por la mañana, deben tomarse, de manera desnuda, al menos tres medidas consecutivas del PC para establecer un valor basal -el cual se aproxima a la euhidratación- en hombres activos que consumen alimentos y líquidos *ad libitum*. Las mujeres pueden necesitar más mediciones del PC para establecer un valor basal, porque sus ciclos menstruales influyen en el estado de agua corporal.

Los cambios agudos en el PC durante el ejercicio pueden utilizarse para calcular las tasas de sudoración y las variaciones en el estado de hidratación que ocurren en diferentes ambientes. Esto se logra con mediciones del PC antes del ejercicio y se compara con el PC post-ejercicio corregido por las pérdidas de orina y el volumen bebido. Cuando es posible, se debe tomar el peso desnudo para evitar correcciones por el sudor atrapado en la ropa ([goo.gl/CjmlKN](http://goo.gl/CjmlKN)).

### Tasa de sudoración

Como describíamos anteriormente, a través de algunas variables (peso de inicio al ejercicio, peso posterior al ejercicio, líquido ingerido, orina excretada y minutos de actividad) podemos obtener la tasa de sudoración del sujeto en cuestión. Dicha tasa nos permitirá obtener la cantidad de líquido suficiente que se deberá reponer por cada minuto que se desarrolle en la actividad y la cantidad que será preciso reponer también en función de sus necesidades individuales.

Dicho cálculo se puede realizar a través de la fórmula tomada de Murray (2007):

$$\text{Tasa de sudoración (ml/min)} = (\text{peso perdido (g)} + \text{líquido ingerido (ml)} - \text{orina (ml)}) / \text{minutos actividad (min)}.$$

**Tabla 5: Ejemplo de cómo calcular la tasa de sudoración**

Variable	Valor
Peso corporal antes del ejercicio	73 Kg
Peso corporal después del ejercicio	71,4 Kg
Peso perdido	1,6 Kg (1600 gr)
Volumen de bebida ingerida	400 ml
Volumen de orina en actividad	200 ml
Tiempo de ejercicio	60 min
<b>Tasa sudoración = 1600 gr + 400 ml – 200 ml / 60 min = 30 ml/min</b>	

Fuente: elaboración propia.

Como dijimos anteriormente, al ser una herramienta sencilla de implementar, se suelen encontrar, en la literatura científica, diferentes valores de tasas de sudoración (expresadas en l/h o ml/min) y, en función de ello, es posible conocer, de forma global, las necesidades del deporte en cuestión.

A continuación, disponemos de una de las tantas tablas que hay en la literatura para poder ver el perfil de hidratación que requieren algunos deportes.

**Tabla 6: Tasas de sudoración, consumo voluntario de líquido y % de pérdida en PC en varios deportes**

Deporte	Condición	Tasa de sudoración (L·h <sup>-1</sup> )		Consumo voluntario de líquido (L·h <sup>-1</sup> )		Deshidratación (%PC) (= cambio en PC)	
		Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Polo acuático [41]	Entrenamiento (hombres)	0.29	[0.23-0.35]	0.14	[0.09-0.20]	0.26	[0.19-0.34]
	Competencia (hombres)	0.79	[0.69-0.88]	0.38	[0.30-0.47]	0.35	[0.23-0.46]
Netball [16]	Entrenamiento en verano (mujeres)	0.72	[0.45-0.99]	0.44	[0.25-0.63]	0.7	[+0.3-1.7]
	Competencia en verano (mujeres)	0.98	[0.45-1.49]	0.52	[0.33-0.71]	0.9	[0.1-1.9]
Natación [41]	Entrenamiento (hombres y mujeres)	0.37		0.38		0	(+1.0-1.4 kg)
Remo [22]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.98	(0.99-2.92)	0.96	(0.41-1.49)	1.7	(0.5-3.2)
	Entrenamiento en verano (mujeres)	1.39	(0.74-2.34)	0.78	(0.29-1.39)	1.2	(0-1.8)
Básquetbol [16]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.37	[0.9-1.84]	0.80	[0.35-1.25]	1.0	[0-2.0]
	Competencia en verano (hombres)	1.6	[1.23-1.97]	1.08	[0.46-1.70]	0.9	[0.2-1.6]
Fútbol [130]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.46	[0.99-1.93]	0.65	(0.16-1.15)	1.59	[0.4-2.8]
Fútbol [89]	Entrenamiento en invierno (hombres)	1.13	(0.71-1.77)	0.28	(0.03-0.63)	1.62	[0.87-2.55]
Fútbol americano [62]	Entrenamiento en verano (hombres)	2.14	[1.1-3.18]	1.42	[0.57-2.54]	1.7 kg	[0.1-3.5 kg]
Tenis [15]	Competencia en verano (hombres)	1.6	[0.62-2.58]	~1.1		1.3	[+0.3-2.9]
	Competencia en verano (mujeres)		[0.56-1.34]	~0.9		0.7	[+0.9-2.3]
Tenis [14]	Competencia en verano (hombres propensos a calambres)	2.60	[1.79-3.41]	1.6	[0.80-2.40]		
Squash [18]	Competencia (hombres)	2.37	[1.49-3.25]	0.98		1.28 kg	[0.1-2.4 kg]
Carrera de medio maratón [21]	Competencia en invierno (hombres)	1.49	[0.75-2.23]	0.15	[0.03-0.27]	2.42	[1.30-3.6]
Carrera a campo traviesa [62]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.77	[0.99-2.55]	0.57	[0-1.3]	~1.8	
Triatlón Ironman [133]	Competencia en clima templado (hombres y mujeres)					1 kg	(+0.5-2.0 kg)
	Segmento de natación					+0.5 kg	(+3.0-1.0 kg)
	Segmento de bicicleta	0.81	(0.47-1.08)	0.89	(0.60-1.31)	2 kg	(+1.5-3.5 kg)
	Segmento de carrera	1.02	(0.4-1.8)	0.63	(0.24-1.13)		
	Competencia completa			0.71	(0.42-0.97)	3.5%	(+2.5-6.1 %)

Fuente: (ASCM, 2007).

## Referencias

- American College of Sports Medicine.** (2007). Position Statement: Exercise and fluid replacement (traducción propia). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-390.
- Armstrong, L. E., Costill, D. L., y Fink, W. J.** (1985). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance (traducción propia). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17(5), 456-461.
- Armstrong, L. E., Pumerantz, A. C., Fiala, K. A., Roti, M. W., Kavouras, S. A., Casa, D. J., y Maresh, C. M.** (2010). Human Hydration Indices: Acute and Longitudinal Reference Values. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(7), 145-153.
- Bartok, C., Schoeller, D. A., Sullivan, J. C., Clark, R. R., y Landry, G. L.** (2004). Hydration testing in collegiate wrestlers undergoing hypertonic dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(12), 510-517.
- Coyle, E. F.** (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *J. Sports Sci.* 22:39-55.
- Grandjean A. C.** (2007). Dehydration and cognitive performance. *J.Am.Coll.Nutr.* 26:549S-554S
- Lieberman, H. R.** (2012). Methods for assessing the effects of dehydration on cognitive function. *Nutr.Rev.* 70 Suppl 2:S143-S146
- Masento, N. A., Golightly, M., Field, D. T., Butler, L. T., y van Reekum, C. M.** (2014). Effects of hydration status on cognitive performance and mood. *Br.J.Nutr.* 111:1841-1852
- Maughan, R. J., Leiper, J. B., y Shirreffs, S. M.** (1996). Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of food and fluid intake. *European Journal of Applied Physiology*, 73(22), 317-325.
- Popowski, L. A., Oppliger, R. A., Lambert, J. P., Johnson, R. F., Johnson, A. K., y Gisolfi, C. V.** (2001). Blood and urinary measures of hydration during progressive acute dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 747-753.
- Ritz, P.** (1998). Methods of assessing body water and body composition. En M. J. Arnaud (Ed.), *Hydration Throughout Life*, pp. 63-74. Vittel: Perrier Vittel Water Institute.
- Shirreffs, S. M., y Maughan, R. J.** (1998). Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(22), 1598-1602.