

## Investigación Experimental o Metaanalítica



**PENSAR EN MOVIMIENTO:**  
**Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**  
ISSN 1659-4436  
Vol. 14, No.2, pp. 17- 38  
Cierre al 31 de diciembre, 2016

### LA RESPUESTA DE LA SED A LAS NECESIDADES DE REPOSICIÓN DE LÍQUIDO Y A LA INGESTA CONTROLADA DESPUÉS DEL EJERCICIO<sup>1</sup>

*Catalina Capitán-Jiménez, M.Sc. <sup>(B,C,D,E)</sup> y Luis Fernando  
Aragón-Vargas, Ph.D.; FACSM <sup>(A, B,D,E)</sup>  
ktaucr@gmail.com  
Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano,  
Universidad de Costa Rica, Costa Rica*

Envío original en inglés: 04/08/2016; reenviado: 08/12/2016;  
aceptado: 16/12/2016; publicado: 30/12/2016.

Doi: <http://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v14i2.27616>

---

#### RESUMEN

Capitán-Jiménez, C. y Aragón-Vargas, L.F. (2016). La respuesta de la sed a las necesidades de reposición de líquido y a la ingesta controlada después del ejercicio. **PENSAR EN MOVIMIENTO: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud**, 14(2), 17-38. Se evaluó la percepción de la sed (PS) como variable dependiente: ¿puede ésta distinguir entre distintos niveles de deshidratación aguda? ¿Es confiable? ¿Cómo responde a la ingesta de un volumen fijo de agua después del ejercicio? Conforme a un diseño de medidas repetidas, ocho estudiantes físicamente activos ( $24.5 \pm 3.6$  años,  $\text{media} \pm \text{DE}$ ) se reportaron al laboratorio en cuatro días no consecutivos. Se mantuvieron en reposo o se ejercitaron a  $32 \pm 3^\circ\text{C}$  bs y  $65 \pm 6\%$  hr hasta alcanzar una deshidratación equivalente a 1, 2 o 3% de la masa corporal (MC); el orden de las pruebas fue asignado aleatoriamente. Después del ejercicio, los participantes ingirieron un volumen fijo de agua equivalente a

---

<sup>1</sup> Versión traducida al español. El original en inglés está disponible en esta misma revista.



1.20% MC en 30 minutos. Se midió la eliminación de orina, la PS y los cambios en el volumen plasmático cada 30 minutos a lo largo de tres horas. No hubo diferencia entre la PS postejercicio antes de ducharse y la PS después de ducharse ( $p = 0.860$ ), pero la PS sí fue distinta entre condiciones (PS =  $2.50 \pm 0.45$ ,  $4.44 \pm 0.72$ ,  $6.38 \pm 0.82$ , y  $8.63 \pm 0.18$  para 0, 1, 2 y 3% MC,  $p = 0.001$ ). Se observó una asociación entre PS y el equilibrio neto de líquido ( $r_{\text{par}} = -0.62$ ,  $p < 0.0001$ ), sin embargo, poco después de beber, la PS fue igual sin importar la deshidratación ( $p > 0.05$ ). La percepción de la sed es válida y confiable mientras no se bebe, pero responde inadecuadamente a la ingesta de agua.

**Palabras claves:** Deshidratación; ingesta de líquido; percepción de la sed; equilibrio de agua y electrolitos; humanos.

Cuando los humanos se ejercitan en el calor, pueden deshidratarse hasta el punto de perjudicar su rendimiento. Por otra parte, es posible que los triatletas, maratonistas y ultramaratonistas beban demasiado, lo cual puede provocar hiponatremia asintomática y aún sintomática (Sawka et al., [2007](#)). A lo largo de los años, se han desarrollado distintas pautas para la reposición de líquido, intentando encontrar un equilibrio bien documentado entre los extremos de beber demasiado y beber muy poco. Estas pautas, sin embargo, han sido fuertemente criticadas, hasta el extremo de sugerir que están más influenciadas por los intereses comerciales que por la ciencia (Cohen, [2012](#)).

Mientras tanto, se ha abogado a favor de beber conforme a lo que dicta la sed, sugiriendo que esa es la solución perfecta para suministrar el líquido que necesitan los humanos cuando se ejercitan, aunque este consejo se ha dispensado con poco respaldo experimental. Al mismo tiempo, hay evidencia de que la sed podría ser insuficiente (Maughan, Shirreffs, Merson, & Horswill, [2005](#); Passe, Horn, Stofan, Horswill, & Murray, [2007](#); Shirreffs, Armstrong, & Cheuvront, [2004](#); Solera-Herrera & Aragón-Vargas [2006](#)), si se define *suficiente* como lograr un equilibrio neto de líquidos igual a cero al final de la observación, no solamente en el promedio grupal sino para cada individuo. Cuando está de por medio el rendimiento deportivo, existen muy pocos estudios que respalden la afirmación de que beber conforme a lo que dicta la sed durante el ejercicio es la mejor estrategia para los atletas (p.ej., Goulet, [2011](#)). Hasta la fecha, beber en respuesta a la sed es solo una estrategia atractiva, pero no bien respaldada, para hidratarse adecuadamente durante el ejercicio y después de éste.

Los mecanismos fisiológicos relacionados con la detección y corrección de las pérdidas de líquido celular y extracelular se han estudiado ampliamente, tanto en animales como en humanos, pero casi siempre en condiciones sedentarias (Adolph & Dill, [1938](#); Corbit, [1968](#); Denton et al, [1999](#); Egan et al., [2003](#); Fitzsimons, [1961](#); Johnson, [1990](#); Johnson & Thunhorst, [1997](#); Obika, Idu, George, Ajayi, & Mowoe, [2009](#); Sagawa et al., [1992](#)). Si bien es cierto que algunos de estos mecanismos defienden la homeostasis mediante la restricción de pérdidas adicionales de líquido y sodio, el cerebro produce el estado neurológico asociado con la sed solamente por medio de la integración de la información de diferentes fuentes. Dicho estado, a su vez, causa las conductas que



permiten reponer la pérdida de agua y de sodio. La sed es una percepción, “la experiencia subjetiva evocada por un déficit de líquido” (Engell et al., [1987](#), p. 229) o, como lo explica Johnson ([2007](#)), un mecanismo de motivación para la adquisición y el consumo de agua, creado en el cerebro como la síntesis de múltiples fuentes de información, tanto fisiológicas como psicológicas.

Una pregunta crucial es si la sed *per se*, entendida como el impulso a beber, es precisa y lo suficientemente fuerte para producir la reposición de las pérdidas de sudor por ejercicio y para mantener la euhidratación. La mayoría de los estudios relacionados con esta pregunta se han apoyado en la medición de la ingesta voluntaria de líquido durante el ejercicio como medida sustituta de la sed (Passe et al., [2007](#); Peacock, Thompson, & Stokes, [2012](#); Peacock, Thompson, & Stokes, [2013](#); Rivera-Brown et al., [1999](#); Rivera-Brown, Ramirez-Marrero, Wilk, & Bar-Or, [2008](#); Scaglioni, [2008](#); Shirreffs et al., [2005](#); Wilk, Rivera-Brown, & Bar-Or, [2007](#)). Sin embargo, la ingesta voluntaria de líquido está sujeta a la influencia de factores externos tales como el llamado efecto Hawthorne (un cambio en la conducta inducido por la conciencia de estar siendo observado, McCarney et al., [2007](#)), las condiciones ambientales y, por supuesto, la temperatura y composición de la bebida (Hubbard et al., [1984](#); Hubbard, Szlyk & Armstrong, [1990](#); Rivera-Brown et al., [1999](#); Rivera-Brown, Ramirez-Marrero, Wilk & Bar-Or, [2008](#); Szlyk, Sils, Francesconi, Hubbard, & Armstrong, [1989](#)).

Algunos investigadores han combinado reportes subjetivos de la sed con mediciones de ingesta voluntaria de líquido, durante el ejercicio o después del mismo (Brown, McCarty, & Millard-Stafford, [2011](#); Maresh et al., [2004](#)). Este último abordaje tiene sentido, pero tiene una limitación importante, a saber, la posibilidad de confundir la causa con el efecto: el aumento en la sed puede impulsar a una mayor ingesta, pero la ingesta de líquido puede a su vez apagar la sed, independientemente del estado de hidratación.

La complejidad de este tema amerita atacar una pregunta a la vez, lo cual es más factible con un protocolo de rehidratación postejercicio que mediante la observación de la hidratación durante el ejercicio. Así, el propósito del presente estudio fue evaluar la sed únicamente como variable dependiente: primero, verificar si la percepción de la sed (PS) puede distinguir claramente entre varios niveles de deshidratación aguda. Segundo, evaluar la confiabilidad de la escala de sed utilizada (Engell et al., [1987](#)). Finalmente, valorar cómo responde la PS en el tiempo a la ingesta de un volumen fijo de agua después del ejercicio. Se espera que esta información arroje algo de luz sobre la plausibilidad de que la sed funcione como una buena medida de las necesidades de rehidratación luego del ejercicio y la pérdida de sudor.

## METODOLOGÍA

**Participantes.** Ocho estudiantes físicamente activos, aparentemente saludables (4 hombres y 4 mujeres), con edad =  $24.50 \pm 3.60$  años, peso =  $73.09 \pm 12.67$ kg y estatura =  $1.69 \pm 0.06$ m (media  $\pm$  D.E.), dieron su consentimiento informado antes de participar en



este estudio, conforme al protocolo aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica, #VI-6446-2009. El experimento fue parte de un estudio más grande diseñado para comprender la respuesta diurética a una carga constante de líquido. Cada participante visitó el laboratorio en cuatro días no consecutivos, uno para cada condición de deshidratación, conforme a un diseño de medidas repetidas. El orden de las condiciones fue aleatorizado.

**Procedimientos.** Los procedimientos de prehidratación y deshidratación para este tipo de estudio son de uso común (ver Capitán-Jiménez & Aragón-Vargas, [2012](#)). Brevemente, cada participante se presentó en el laboratorio a las 7 a.m. en ayunas (al menos 10 horas sin sólidos ni líquidos). Para calcular el estado de hidratación de referencia al llegar, se obtuvo una muestra de orina, se analizó su gravedad específica (GEO) con un refractómetro manual (ATAGO®, modelo URC – Ne, d 1.000-1.050, Minato-ku, Tokyo, Japón), y se descartó. Luego de vaciar completamente la vejiga, se pesó a cada participante desnudo hasta los 10 gramos más cercanos en una báscula calibrada (e-Accura®, modelo DSB291, Qingpu, Shanghai, China). Esta masa corporal en ayunas ( $MC_{ayunas}$ ) se utilizó para calcular el volumen de agua que debería ingerir cada persona. Luego de permanecer sentados y quietos en una silla cómoda durante 15 minutos, se obtuvo una muestra de sangre de 5mL por venipuntura y se obtuvo la percepción subjetiva de sed (PS) como respuesta a la pregunta *¿qué tan sediento(a) está usted?*, en una escala de 9 puntos (1 = para nada sediento(a); 9 = muy, muy sediento(a)), desarrollada por Engell et al. ([1987](#)). Luego ingirieron un desayuno estandarizado (750 kilocalorías: 24.6% grasa, 20.7% proteína y 54.7% carbohidrato; 250mL de líquido, 1500mg sodio) y procedieron a reposar por 30 minutos.

Al final del período de descanso se obtuvo un nuevo peso corporal sin ropa (masa corporal preejercicio,  $BM_{pre}$ ) junto con otro puntaje de percepción de sed. Si el protocolo individual no requería deshidratación (0%MC), la persona descansaba por 45 minutos adicionales fuera de la cámara; si el protocolo del día contemplaba deshidratación, cada participante iniciaba un ejercicio intermitente (25 minutos de ejercicio, 5 minutos de descanso), alternando entre pedalear en un cicloergómetro (Monark® modelo 818c, Vansbro, Suecia) y trotar en una banda sin fin (SportsArt® modelo 3250, Tainan City, Taiwán), tanto tiempo como fuera necesario para alcanzar una deshidratación equivalente a 1, 2 o 3%  $MC_{pre}$ . Decidimos combinar dos tipos de ejercicio para disminuir la probabilidad de que los participantes abandonaran la prueba prematuramente por el dolor o la fatiga asociados a un solo ejercicio. Al finalizar cada 25 minutos de ejercicio se pesó nuevamente a los participantes desnudos y secos. Este protocolo de deshidratación se llevó a cabo en una cámara de ambiente controlado (a  $32 \pm 3^{\circ}C$  bulbo seco y  $65 \pm 6\%$  humedad relativa); la intensidad del ejercicio fue de 70% a 85% de la frecuencia cardíaca máxima (calculada con la fórmula  $220 - \text{edad}$ ) y controlada con un monitor de frecuencia cardíaca (Polar® Electro Oy modelo A1, Kempele, Finlandia).

Al completar el período de ejercicio o de reposo prolongado, se obtuvo un puntaje de sed y se le pidió a cada participante que tomara una ducha fría y vaciara



completamente su vejiga en un recipiente plástico de 750mL. La orina se pesó en una báscula para alimentos (OHAUS® Compact Scales, modelo CS2000, Parsippany, NJ, EE.UU.) hasta el gramo entero más cercano; no se permitió ingerir líquido en este momento. Se volvió a pesar a los participantes desnudos y secos para obtener la masa corporal postejercicio ( $MC_{pos}$ ). Cada participante se sentó y se le colocó un catéter intravenoso calibre 20G (Vacutainer®, Franklin Lakes, NJ, EE.UU.) en la vena antecubital, para muestreo repetido de sangre utilizando un sello de heparina. Después de permanecer sentados y quietos durante 10 minutos, se obtuvo un nuevo puntaje de sed, además de una muestra de sangre de 5mL, y cada participante inició su proceso de rehidratación.

Los participantes ingirieron un volumen de agua (temperatura =  $4.97 \pm 0.72^{\circ}C$ ) equivalente a  $1.20\%MC_{ayunas}$ , sin importar la condición, dividido en tres volúmenes iguales, uno cada 10 minutos. Al finalizar la ingesta, iniciaron un período de observación de tres horas en reposo. Se obtuvieron muestras de sangre al completar la ingesta de líquido y 60, 120 y 180 minutos más tarde, después de permanecer sentados por un mínimo de 10 minutos. Vaciaron sus vejigas en recipientes de plástico rotulados al completar la ingesta de agua (tiempo 0), así como cada 30 minutos durante tres horas. Se pesó cada recipiente hasta el gramo entero más cercano y se anotó el volumen, asumiendo que 1g equivale a 1mL. Se registró la percepción de sed al tiempo 0 y cada 30 minutos durante tres horas; todos los puntajes de percepción de sed se obtuvieron a temperatura ambiente ( $26.0 \pm 0.9^{\circ}C$ ,  $72.0 \pm 5.5\%$  h.r.), fuera de la cámara ambiental.

La hemoglobina se analizó con equipos Sysmex® (Sant Just Desvern, España) XE-2100 y XS-1000, utilizando el protocolo IN-064; el hematocrito con el protocolo IN-063, y el conteo total de glóbulos rojos con el protocolo IN-066, todo ello en un laboratorio con certificación internacional. Los valores resultantes se utilizaron para calcular el cambio en el volumen plasmático (VP), según el protocolo de Dill y Costill (1974).

El equilibrio neto de líquido (ENL) se calculó para cada intervalo de 30 minutos durante el período de observación, relativo a  $MC_{pre}$ , utilizando las mediciones de masa corporal, ingesta de líquido y eliminación de orina.

**Análisis estadístico.** Se calcularon estadísticas descriptivas (media y desviación estándar) para la edad, masa corporal y estatura con el propósito de caracterizar a los participantes. Se verificó la normalidad de todas las variables.

Para verificar que todos los participantes mostraran las mismas características bajo cada una de las condiciones, pero que alcanzaran las diferencias esperadas, se realizaron varios análisis de varianza de una vía de medidas repetidas, utilizando cada una de las siguientes variables dependientes: GEO de referencia, masa corporal preejercicio, sed preejercicio, tiempo de ejercicio, deshidratación real alcanzada e ingesta de agua prescrita.

Para valorar la confiabilidad de la escala de sed, se realizó un análisis de varianza de dos vías de medidas repetidas (4 condiciones por dos mediciones), utilizando solamente los puntajes de sed postejercicio obtenidos con 30 minutos de diferencia, antes

y después de una ducha fría. Además, se calculó el coeficiente de correlación intraclase (CCI) para la confiabilidad *test-retest* entre estas dos puntuaciones de sed.

Se hizo un análisis de varianza de dos vías con medidas repetidas tanto en la condición como en el tiempo, para cada una de estas variables dependientes: percepción de sed, cambio en el volumen plasmático y equilibrio neto de fluidos. Los análisis *post hoc* se hicieron con el ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples. Se calcularon los coeficientes de correlación parciales, así como su significancia estadística, para estimar la asociación entre las mismas tres variables dependientes: PS, PV y ENL. Luego de hacer la confirmación, se probó un modelo de regresión múltiple que utilizó la percepción de sed como variable dependiente, y el volumen plasmático, el equilibrio neto de líquido, la condición, el tiempo de medición y el participante como predictores potenciales.

Se hizo un análisis *a priori* de potencia estadística para la variable de sed. Calculada para una diferencia de dos unidades arbitrarias, 8 participantes predijeron una potencia de 0.860.

## RESULTADOS

La Tabla 1 muestra los valores de referencia para cada condición. No hubo diferencias significativas para la masa corporal de referencia, la gravedad específica de la orina de referencia, la percepción de sed preejercicio ni la ingesta de agua prescrita ( $p > 0.05$ ). El tiempo de ejercicio y la deshidratación real sí fueron significativamente distintas ( $p < 0.0005$ ), conforme al diseño del estudio. El análisis de potencia *a posteriori* con los volúmenes de orina mostró una potencia de 0.880 para ocho sujetos y una diferencia en volumen de 200mL.

La Figura 1 muestra la percepción de sed postejercicio. No hubo interacción significativa entre condición y tiempo de medición ( $p = 0.620$ ). Además, no hubo diferencia entre la percepción de la sed antes de ducharse y 30 minutos más tarde, después de tomar una ducha ( $p = 0.860$ ). El efecto principal de la condición fue significativo (percepción de sed =  $2.50 \pm 0.45$ ,  $4.44 \pm 0.72$ ,  $6.38 \pm 0.82$ , y  $8.63 \pm 0.18$  para 0, 1, 2 y 3% de deshidratación,  $p = 0.001$ ). Finalmente, el coeficiente de correlación intraclase (CCI) entre los dos puntajes de sed postejercicio (una correlación *test-retest*) fue  $r = 0.973$ ,  $p < 0.0001$ .

Al analizar el tiempo total de observación, la percepción de sed mostró una interacción significativa entre tiempo y condición ( $p < 0.0001$ , Figura 2). El efecto principal de tiempo fue significativo ( $p < 0.0001$ ), así como el efecto principal de condición ( $p < 0.0001$ ). Al finalizar el ejercicio, tanto la condición de 3% ( $8.63 [8.19, 9.06]$ , media [IC<sub>95%</sub>]) como de 2% ( $6.38 [4.43, 8.35]$ ) fueron diferentes de 0% ( $2.62 [1.45, 3.80]$ ), pero la de 1% no lo fue ( $4.25 [2.37, 6.13]$ ). El análisis *post hoc* para cada condición mostró un aumento significativo en la sed después del ejercicio en comparación con la registrada antes de éste ( $p < 0.05$ ), y un regreso a los puntajes preejercicio inmediatamente después de la rehidratación, para todas las condiciones excepto la de 0% de deshidratación.

Tabla 1

Valores de referencia para cada condición, antes de la rehidratación. Media  $\pm$  D.E.

Variable	0% MC	1% MC	2% MC	3% MC	p
GEO inicial	1.015 $\pm$ 0.005	1.019 $\pm$ 0.005	1.018 $\pm$ 0.007	1.016 $\pm$ 0.007	0.392
MCpre (kg)	73.66 $\pm$ 12.66	74.03 $\pm$ 12.97	73.59 $\pm$ 12.84	74.31 $\pm$ 12.58	0.132
Sed preejercicio (u.a.)	2.12 $\pm$ 1.55	1.62 $\pm$ 0.51	2.12 $\pm$ 0.83	2.37 $\pm$ 1.60	0.199
Tiempo de ejercicio (min)	0	32.5 $\pm$ 10.0	73.6 $\pm$ 12.8	87.5 $\pm$ 13.3	< 0.001
Deshidratación real (%MC)	0.26 $\pm$ 0.10	1.07 $\pm$ 0.10	1.85 $\pm$ 0.16	2.93 $\pm$ 0.23	< 0.001
Ingesta de agua prescrita (mL)	877 $\pm$ 152	880 $\pm$ 154	877 $\pm$ 154	886 $\pm$ 151	0.136
Temperatura del agua ( $^{\circ}$ C)	5.0 $\pm$ 0.9	5.0 $\pm$ 0.7	4.9 $\pm$ 0.8	5.0 $\pm$ 0.5	0.945

Fuente: elaboración propia.

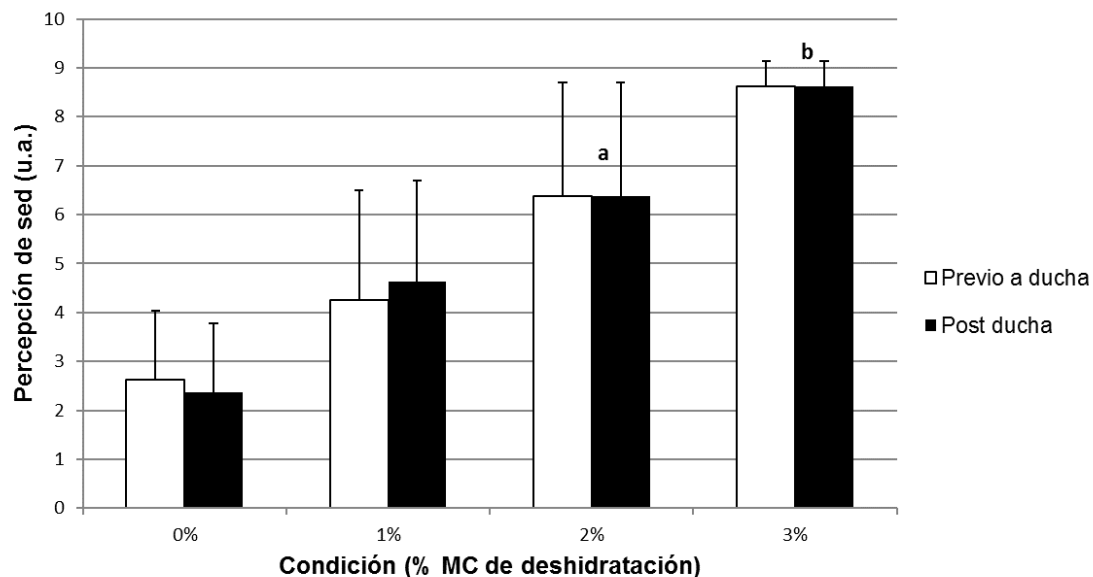


Figura 1. Percepción de sed postejercicio. Las columnas representan las medias  $\pm$  DE. (a) diferente de 0% y 1%,  $p < 0.05$ . (b) diferente de 0% y 1%,  $p < 0.005$ . Fuente: elaboración propia.

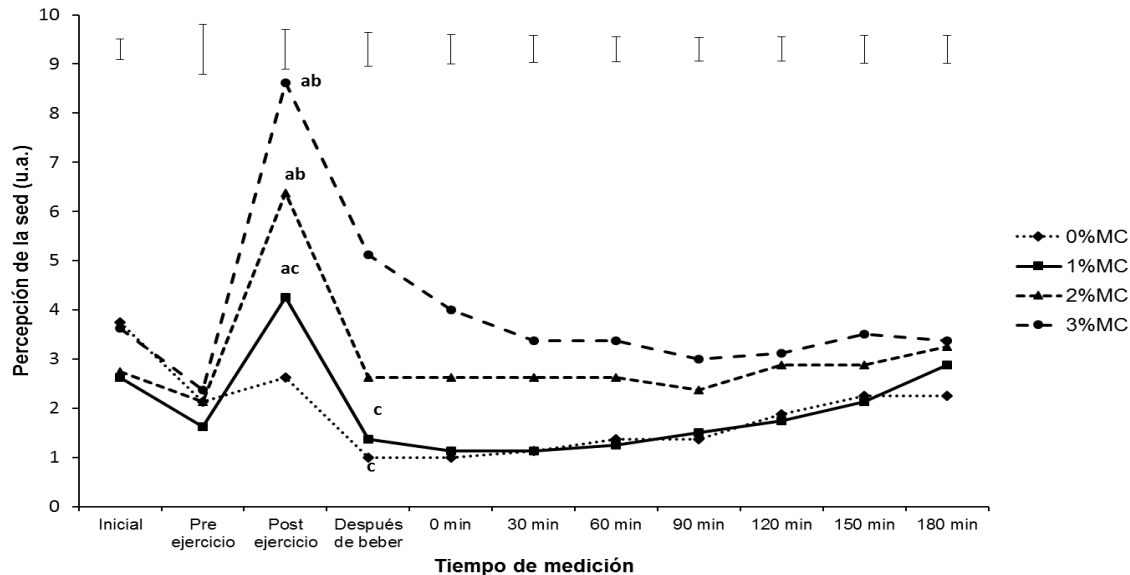


Figura 2. Percepción de sed durante toda la prueba, por condición. Los puntos son valores promedio; las barras superiores representan los errores típicos de medición. (a) Diferente de preejercicio ( $p < 0.05$ ). (b) Diferente de 0% y 1% ( $p < 0.05$ ) (c) Diferente de 3% ( $p < 0.05$ ). Fuente: elaboración propia.

La Tabla 2 muestra los cambios del volumen plasmático para las diferentes condiciones. No hubo interacción significativa entre condición y tiempo de medición ( $p = 0.883$ ). No hubo efecto principal de la condición ( $p = 0.064$ ), pero el efecto principal del tiempo de medición sí fue significativo ( $p < 0.0001$ ). El volumen plasmático fue más alto en todos los instantes después de la rehidratación, en comparación con la referencia ( $p < 0.05$ ). También fue más alto a los 60, 120 y 180 minutos, en comparación con el postejercicio.

La Figura 3 muestra el equilibrio neto de líquido. Hubo una interacción significativa entre tiempo y condición ( $p < 0.0001$ ), así como efectos principales significativos tanto para el tiempo ( $p < 0.0001$ ) como para la condición ( $p < 0.0001$ ). El equilibrio neto de líquido fue negativo para todas las condiciones luego del tiempo de ejercicio, pero se mantuvo por debajo de cero luego de ingerir líquido solamente en las condiciones de deshidratación de 1%, 2% y 3%, con la excepción de la primera hora en la condición de 1% de deshidratación. La condición 0%MC mantuvo un equilibrio de líquido positivo o neutral hasta el final de la observación. En ese momento, el ENL promedio fue de -290 g, con un  $IC_{95\%}$  entre -627 y 47g. El equilibrio neto de líquido fue diferente entre las condiciones en todos los momentos de medición, excepto que la diferencia entre 0% y 1% desapareció a partir de la medición a los 60 minutos.

La  $R^2$  ajustada para el modelo de regresión múltiple (Figura 4) fue 0.64 ( $p < 0.0001$ ); ENL fue un predictor significativo ( $F = 28.125$ ,  $p < 0.0001$ ), mas no así VP ( $F = 0.284$ ,  $p = 0.595$ ). El modelo también incluyó sujeto, condición y tiempo de medición. Los coeficientes de correlación parcial fueron significativos entre PS y ENL ( $-0.62$ ,  $p < 0.0001$ ) y entre VP y ENL ( $0.31$ ,  $p = 0.001$ ), pero no entre VP y PS ( $-0.04$ ,  $p = 0.572$ ).



Tabla 2

Cambio en el volumen plasmático a lo largo del tiempo. Media  $\pm$  D.E.

Condición	Referencia	Después del ejercicio <sup>a</sup>	Luego de rehidratar	60 min post rehidratar <sup>b</sup>	120 min post rehidratar <sup>b</sup>	180 min post rehidratar <sup>b</sup>
0% MC	0	3.75 $\pm$ 4.61	15.41 $\pm$ 6.75	17.41 $\pm$ 17.55	16.96 $\pm$ 12.40	11.51 $\pm$ 6.58
1% MC	0	3.94 $\pm$ 6.02	11.26 $\pm$ 11.36	13.18 $\pm$ 6.77	12.68 $\pm$ 9.69	12.57 $\pm$ 10.38
2% MC	0	1.20 $\pm$ 6.09	9.60 $\pm$ 9.90	12.20 $\pm$ 14.25	8.30 $\pm$ 5.51	4.59 $\pm$ 5.32
3% MC	0	-2.29 $\pm$ 6.26	5.15 $\pm$ 15.17	7.64 $\pm$ 11.96	6.68 $\pm$ 10.96	5.65 $\pm$ 9.45

Nota: (a) Diferente de la referencia,  $p < 0.05$ . (b) Diferente de postejercicio,  $p < 0.05$ . Fuente: elaboración propia.

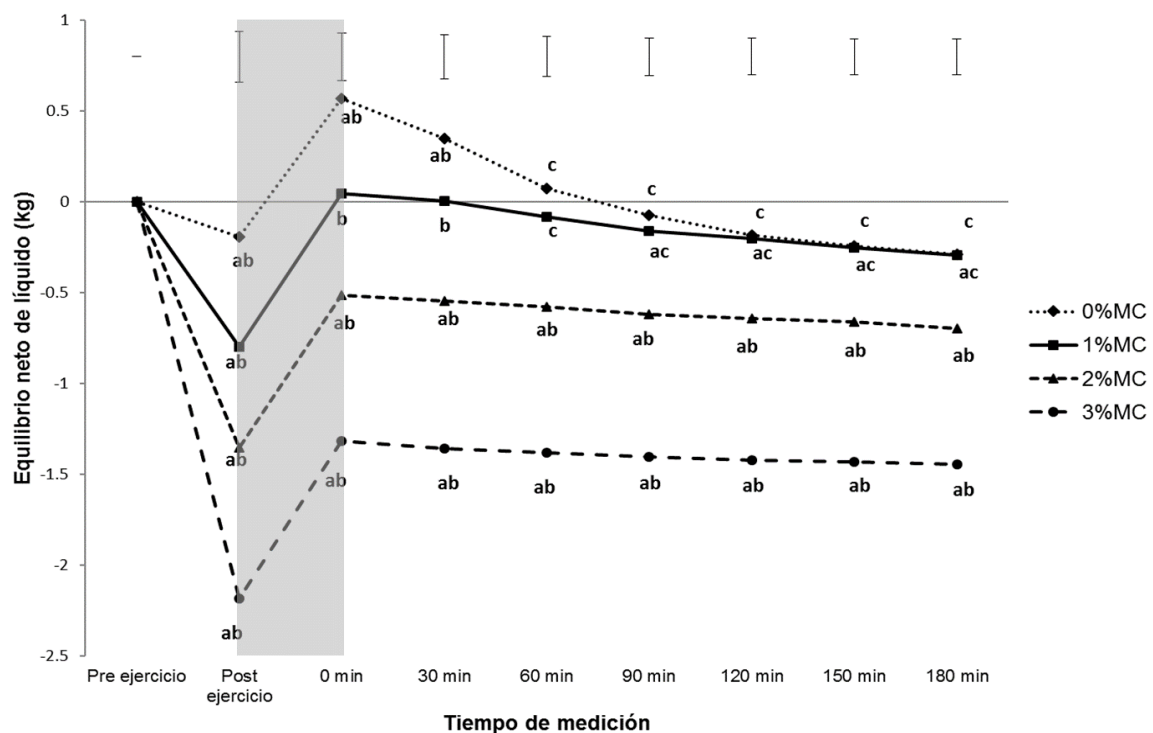


Figura3. Equilibrio neto de líquido vs. tiempo, por condición. Los puntos son los valores promedio; las barras superiores representan los errores típicos de medición. El área sombreada representa el tiempo de ingesta de líquido. Luego del ejercicio, ENL  $< 0$  para todas las condiciones,  $p < 0.05$ . (a) diferente del valor de referencia ( $MC_{pre}$ ,  $p < 0.05$ ). (b) diferente de todas las demás condiciones ( $p < 0.05$ ). (c) diferente de 2% y 3% ( $p < 0.05$ ). Fuente: elaboración propia.

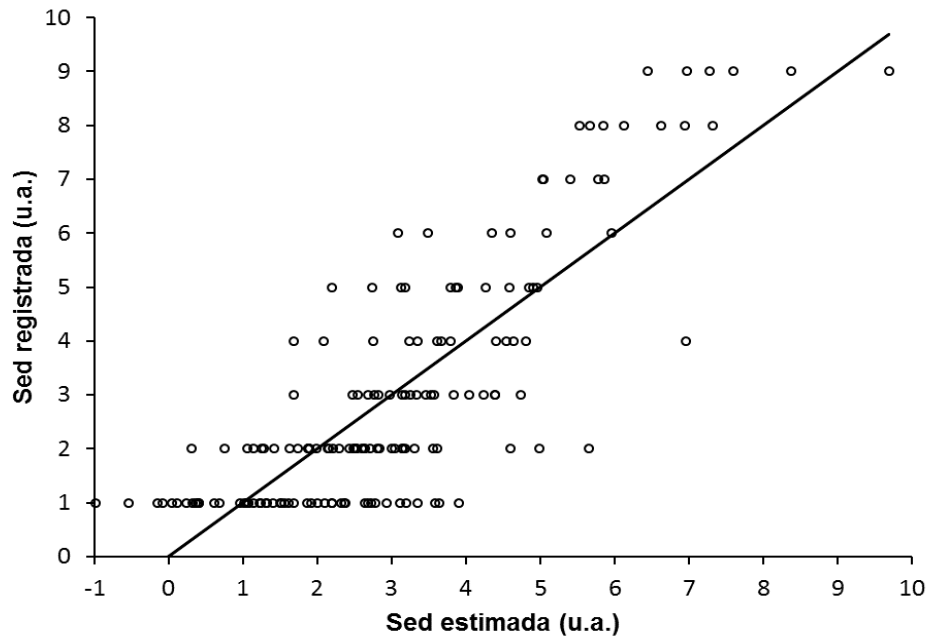


Figura 4. Modelo de regresión múltiple ( $n=160$ ). La percepción de la sed al final del ejercicio en el calor fue la variable dependiente. Los predictores fueron ENL, VP, sujeto, condición y tiempo de medición.  $R^2_{adj} = 0.64$ ,  $p < 0.0001$ . La línea sólida es la línea de ajuste; las líneas punteadas representan el IC<sub>95%</sub>. Fuente: elaboración propia.

## DISCUSIÓN

En este estudio examinamos la respuesta de la sed a la ingesta de un volumen de agua constante, predeterminado, luego de ejercitarse en el calor a distintos niveles de deshidratación. En primer lugar, confirmamos que la percepción subjetiva de la sed posterior al ejercicio fue capaz de detectar niveles de hipohidratación equivalentes a 2%MC o superiores: los puntajes para 3% y 2% de deshidratación fueron distintos de 0%, mientras que para 3% también fue distinto de 1%. Luego, evaluamos la confiabilidad de la escala de percepción de la sed de Engell inmediatamente después del ejercicio mediante una estrategia novedosa de *test-retest*: en vez de la separación convencional de 24 horas entre las pruebas—un protocolo que en el presente estudio habría introducido una variabilidad ajena no deseable—separamos las pruebas por solamente 30 minutos. El protocolo le exigió a cada participante tomar una ducha fría, aportar una muestra de orina, desvestirse para el pesaje desnudo y dejarse colocar un catéter en el antebrazo, todo entre las dos pruebas de PS postejercicio, para las condiciones de deshidratación de 0, 1, 2 y 3%MC del estudio. Este procedimiento introdujo suficiente “ruido” para distraer a los participantes sin alterar las variables fisiológicas de interés. En ausencia de ingesta de agua, los resultados de PS fueron confiables (CCI  $r = 0.973$ ). Además, la diferencia entre ambos puntajes no fue significativa ( $p = 0.862$ ).

Engell et al. (1987) obtuvieron dos mediciones para cada sensación, una cuando los sujetos alcanzaron por primera vez su deshidratación meta, y otra a la mañana siguiente, de 12 a 15 horas después. Ellos afirmaron que la mayoría de las sensaciones mostraron correlaciones significativas al utilizar el método de *test-retest*, pero lamentablemente no reportaron una correlación para “sentirse sediento”, nuestra medida de interés; más aún, el período entre las pruebas podría haber añadido diferencias a la hipohidratación real al momento de hacer la segunda medición. No tenemos conocimiento de otros estudios que reporten la confiabilidad de la escala de sed de Engell.

Nuestro resultado principal fue que la percepción de la sed disminuyó rápidamente al beber sin importar la deshidratación, hasta alcanzar niveles similares a los registrados antes de la deshidratación ( $PS = 2.53 \pm 0.85$ ), inmediatamente después de la ingesta de unos 880mL; la PS se mantuvo ahí por la totalidad de las tres horas de observación. En la condición de deshidratación a 3%MC, la ingesta de agua representó solamente 40.4% de la pérdida de líquido y alcanzó un ENL de  $\approx -1.3\text{kg}$ , lo cual está lejos de la euhidratación. Por lo tanto, si bien es cierto que encontramos que la sed está fuertemente correlacionada con una medida objetiva de la hipohidratación, esto es, con el equilibrio neto de fluidos cuando no se ingiere agua, la asociación se debilita cuando las personas que están significativamente deshidratadas beben una cantidad insuficiente. Utilizando la misma escala de PS, Maresh et al. (2004) reportaron que la sed se redujo significativamente (desde  $\approx 5.5$  antes del ejercicio hasta  $\approx 3.2$  después de éste) en sujetos previamente hipohidratados que se ejercitaron en el calor durante 90 minutos mientras bebían *ad libitum*; la ingesta de líquido fue alta, pero ellos permanecían hipohidratados alrededor de 3%MC al final del ejercicio. En otro estudio que comparó las propiedades rehidratantes del agua de coco y otras bebidas (Pérez-Idárraga & Aragón-Vargas, 2014), los participantes ingirieron cuatro volúmenes equivalentes a 30% de la pérdida de sudor cada una, después de ejercitarse en el calor hasta deshidratarse a 2%MC. La percepción de sed aumentó inmediatamente después del ejercicio, pero regresó a los valores iniciales después de tomar la primera porción. Esos dos estudios con diseños diferentes respaldan nuestros resultados: la sed se apaga rápidamente al tomar agua, aun cuando la cantidad es insuficiente para volver a la euhidratación. Nuestro estudio concuerda con la afirmación de Cheuvront y Kenefick (2014), quienes señalaron que existen distintos receptores que “disparan la saciedad de la sed mucho antes de reponer completamente el volumen” (p. 271); nuestros resultados, sin embargo, extienden los hallazgos anteriores para mostrar que no se trata de un efecto transitorio, sino de uno que perdura por tres horas.

En nuestro estudio, el equilibrio neto de líquido—una medida del estado de hidratación—mostró una relación inversa muy fuerte con la sed, mientras que el cambio en el volumen plasmático y la percepción de sed no mostraron relación alguna entre sí. Nuestro modelo de regresión múltiple confirmó que ENL es un predictor significativo de la sed, pero el VP no lo es. Esto se ha mencionado antes en otros estudios: Engell et al. (1987) evaluaron la sed y midieron la ingesta voluntaria de líquido y muchas variables en sangre durante el ejercicio en calor seco y después del mismo, con los participantes hipohidratados a 0, 3, 5 y 7% MC (0.9, 4.0, 5.9 y 7.3% MC al final de la prueba);



concluyeron que la hipovolemia contribuye en forma limitada a la ingesta de líquido (la contribución de la percepción de sed no fue reportada). En ese estudio, la hipohidratación real mostró una fuerte relación directa con la sed y también con la ingesta de líquido.

Maresh et al. (2004) examinaron las respuestas de diez sujetos que caminaron en el calor durante 90 minutos en cuatro ocasiones distintas: previamente euhidratados sin ingerir líquido, previamente hipohidratados (hipohidratación  $\approx -3.8\%MC$ ) sin ingerir líquido, previamente euhidratados y bebiendo durante el ejercicio, o previamente hipohidratados y bebiendo durante el ejercicio. La sed preejercicio fue significativamente mayor en las condiciones de hipohidratación que en las de euhidratación. La sed postejercicio fue aún más alta en la condición de hipohidratación cuando no se les permitió a los participantes beber, pero cuando se les permitió la ingesta de líquido, la sed postejercicio no fue distinta de la sed previa al ejercicio si estaban euhidratados. Ellos encontraron que la sed respondía de manera predecible a la deshidratación, pero los cambios en el volumen plasmático no fueron diferentes entre las condiciones de hidratación previas al ejercicio. Nuestros resultados confirman una clara relación entre la hipohidratación real y la percepción de sed antes de que a los participantes se les permitiera beber, más aún, una relación entre estas dos variables a lo largo de todo el experimento, mientras que el volumen plasmático solamente mostró una relación débil con la sed. Esto no debería sorprendernos, pues Cheuvront y Kenefick (2014) han señalado que para que ocurra la activación de la sed mediada por volumen, se requieren grandes cambios en el volumen plasmático (alrededor de 10% de pérdida del volumen de sangre).

Algunos consideran que la sed es una variable demasiado esquiva, imposible de medir con exactitud (Greenleaf, 1992). Otros se aprovechan de esta característica para utilizar el término de forma imprecisa y así acomodarlo a sus argumentos, queriendo decir cualquier cosa desde “boca seca” hasta “lo que realmente bebemos”. No es de sorprenderse entonces que Greenleaf (1992) haya declarado, al inicio de su importante artículo *Problem: thirst, drinking behavior, and involuntary dehydration* [Problema: la sed, la acción de beber y la deshidratación involuntaria] que “el debate acerca del significado de la sed no tiene fin, de manera que el énfasis aquí estará en la ingesta real de líquido que se puede medir.” (p. 645, traducción libre). La percepción de la sed, sin embargo, sí se puede medir de manera confiable, aunque únicamente en seres humanos, como nos recuerda Johnson (2007). El artículo de Engell et al. (1987) es un buen ejemplo: su escala se ha utilizado ampliamente (Armstrong et al., 2014; Maresh et al., 2001; Maresh et al., 2004; Riebe et al., 1997), aunque existen buenas alternativas como la descrita por Stachenfeld (2014). Se podría argumentar que, como cualquier medida de autorreporte, la PS podría ser sensible a variables extrañas. No obstante, como nuestro experimento era parte de un estudio más grande, diseñado para entender la respuesta diurética a una carga constante de agua, nosotros consideramos que los participantes tenían muchas cosas distintas a las cuales debían prestar atención. Éstas los distrajeron de sus reportes de sed—el punto central de este manuscrito—y por lo tanto es poco probable que dichos puntajes se hayan visto distorsionados por la subjetividad.



La percepción de la sed sigue siendo un campo de estudio difícil. Esta investigación tiene una limitación importante: a pesar de que utilizamos la escala de sed más común, muchos participantes reportaron los valores máximos aun cuando la deshidratación real no alcanzó 3% MC. Este “efecto de techo” complica el análisis en un área en la que todavía existen muchas brechas. Además, a pesar de que se calculó una potencia estadística de 0.860 para la medida de sed, algunos podrían considerar que el tamaño de nuestra muestra es pequeño. A pesar de todo, los resultados que hemos presentado muestran diferencias estadísticamente significativas para los puntajes de sed autorreportados entre niveles de deshidratación objetivamente distintos, siempre y cuando no se haya ingerido líquido. Es necesario hacer más investigaciones para aclarar la confiabilidad de la sed como una medida de las necesidades de hidratación durante el ejercicio en el calor y después de éste.

## CONCLUSIONES

Esta investigación confirma que, en ausencia de ingesta de líquido, la percepción subjetiva de la sed después del ejercicio en el calor es capaz de detectar la deshidratación equivalente a 2% MC o superior. La medida es confiable y robusta (no se ve afectada por tomar una ducha fría) y muestra una asociación clara y significativa con el equilibrio neto de líquido ( $r_{\text{part}} = -0.62$ ,  $p < 0.05$ ). Sin embargo, la percepción de la sed disminuye desproporcionadamente en las personas deshidratadas luego de la ingesta aguda de agua. Cuando la meta es reponer todo el líquido perdido por sudoración después de ejercitarse en el calor, consideramos que la sed está lejos de ser perfecta, ya que responde en forma inapropiada a la ingesta de líquido.

## AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el proyecto VI-245-B0-315 de la Universidad de Costa Rica. Gracias a Catalina Fernández por su asistencia con la revisión bibliográfica.

Traducción al español: Luis Fernando Aragón Vargas. Corrección filológica: Alberto Aragón Chamberlain.

## REFERENCIAS

- Adolph, E.F. & Dill, D.B. (1938). Observations on water metabolism in the desert. *American Journal of Physiology*, 123, 369-378. <http://ajplegacy.physiology.org/content/123/2/369>
- Armstrong, L. E., Johnson, E. C., Kunces, L. J., Ganio, M. S., Judelson, D. A., Kupchak, D. R., ...Williamson, K. H. (2014). Drinking to Thirst Versus Drinking Ad Libitum During Road Cycling. *Journal of Athletic Training*, 49(5), 624-631. doi: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.85>



- Brown, M. B., McCarty, N. A., & Millard-Stafford, M. (2011). High-sweat Na<sup>+</sup> in cystic fibrosis and healthy individuals does not diminish thirst during exercise in the heat. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 301(4), 1177-1185. doi: <https://doi.org/10.1152/ajpregu.00551.2010>
- Capitán-Jiménez, C., & Aragón-Vargas, L. F. (2012). Detection of Euhydration in Humans from the Diuresis Response to a Water Load. *Medicina Sportiva*, 16(1), 30-35. Retrieved from <http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/527?show=full>
- Cheuvront, S. & Kenefick, R. (2014). Dehydration: physiology, assessment, and performance effects. *Comprehensive Physiology* 4(1), 257-285. doi: <https://doi.org/10.1002/cphy.c130017>
- Cohen, D. (2012). The truth about sports drinks. *BMJ*, 345. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.e4737>
- Corbit, J. D. (1968). Cellular dehydration and hypovolaemia are additive in producing thirst. *Nature*, 218, 886–887. doi: <https://doi.org/10.1038/218886a0>
- Denton, D., Shade, R., Zamarippa, F., Egan, G., Blair-West, J., McKinley, M., & Fox, P. (1999). Correlation of regional cerebral blood flow and change of plasma sodium concentration during genesis and satiation of thirst. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96(5), 2532-2537. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.96.5.2532>
- Dill, D. B., & Costill, D. L. (1974). Calculation of percentage changes in volumes of blood, plasma, and red cells in dehydration. *Journal of Applied Physiology*, 37(2), 247-248. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/jap/37/2/247.full.pdf>
- Egan, G., Silk, T., Zamarippa, F., Williams, J., Federico, P., Cunnington, R., ..., & Denton, D. (2003). Neural correlates of the emergence of consciousness of thirst. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 100(25), 15241-15246. doi: <https://doi.org/10.1073/pnas.2136650100>
- Engell, D. B., Maller, O., Sawka, M. N., Francesconi, R. N., Drolet, L., & Young, A. J. (1987). Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiology & Behavior*, 40(2), 229-236. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(87\)90212-5](https://doi.org/10.1016/0031-9384(87)90212-5)
- Fitzsimons J. T. (1961). Drinking by rats depleted of body fluid without increase in osmotic pressure. *Journal of Physiology*, 159(2), 297–309. doi: <https://doi.org/10.1113/jphysiol.1961.sp006809>
- Goulet, E. D. (2011). Effect of exercise-induced dehydration on time-trial exercise performance: a meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 45(14), 1149-1156. doi: <https://doi.org/10.1136/bjism.2010.077966>
- Greenleaf, J. E. (1992). Problem: Thirst, drinking behavior and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 24(6), 645-656. doi: <https://doi.org/10.1249/00005768-199206000-00007>



- Hubbard, R. W., Sandick, B. L., Matthew, W. T., Francesconi, R. P., Sampson, J. B., Durkot, M. J., ... Engell, D. B. (1984). Voluntary dehydration and alliesthesia for water. *Journal of Applied Physiology*, 57(3), 868-875. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/57/3/868>
- Hubbard, R. W., Szlyk, P. C., & Armstrong, L. E. (1990). Influence of thirst and fluid palatability on fluid ingestion during exercise. Gisolfi, C. V., & Lamb, D. R. (Eds.), *Perspectives in exercise science and sports medicine: Vol. 3 Fluid homeostasis during exercise* (pp. 39-95). Carmel, IN: Cooper Publishing Group.
- Johnson, A. K. (1990). Brain mechanisms in the control of body fluid homeostasis. Gisolfi, C. V., & Lamb, D. R. (Eds.), *Perspectives in exercise science and sports medicine: Vol. 3. Fluid homeostasis during exercise* (pp. 347-424). Carmel, IN: Cooper Publishing Group.
- Johnson, A. K. (2007). The sensory psychobiology of thirst and salt appetite. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(8), 1388-1400. doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e3180686de8>
- Johnson, A. K., & Thunhorst, R. L. (1997). The neuroendocrinology of thirst and salt appetite: visceral sensory signals and mechanisms of central integration. *Frontiers and Neuroendocrinology*, 18(3), 292-353. doi: <https://doi.org/10.1006/frne.1997.0153>
- Maresh, C. M., Gabaree-Boulant, C. L., Armstrong, L. E., Judelson, D. A., Hoffman, J. R., Castellani, J. W., ... Casa, D. J. (2004). Effect of hydration status on thirst, drinking, and related hormonal responses during low-intensity exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology*, 97(1), 39-44. doi: <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00956.2003>
- Maresh, C. M., Herrera-Soto, J. A., Armstrong, L. E., Casa, D. J., Kavouras, S. A., Hacker, F. T. Jr., ... Scheett, T. P. (2001). Perceptual responses in the heat after brief intravenous versus oral rehydration. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(6), 1039-1045. Retrieved from <https://doi.org/10.1097/00005768-200106000-00025>
- Maughan, R. J., Shirreffs, S. M., Merson, S. J., & Horswill, C. A. (2005). Fluid and electrolyte balance in elite male football (soccer) players training in a cool environment. *Journal of Sports Sciences*, 23(1), 73-79. doi: <https://doi.org/10.1080/02640410410001730115>
- McCarney, R., Warner, J., Iliffe, S., Van Haselen, R., Griffin, M., & Fisher, P. (2007). The Hawthorne Effect: a randomised, controlled trial. *BMC Medical Research Methodology*, 7, 30. doi: <https://doi.org/10.1186/1471-2288-7-30>
- Obika, L. F., Idu, F. K., George, G. O., Ajayi, O. I., & Mowoe, R. S. (2009). Thirst perception and drinking in euhydrate and dehydrate human subjects. *Nigerian Journal of Physiological Sciences*, 24(1), 25-32. doi: <https://doi.org/10.4314/njps.v24i1.46377>



- Passe, D., Horn, M., Stofan, J., Horswill, C., & Murray, R. (2007). Voluntary dehydration in runners despite favorable conditions for fluid intake. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17(3), 284-295. doi: <https://doi.org/10.1123/ijsnem.17.3.284>
- Peacock, O. J., Thompson, D., & Stokes, K. A. (2012). Voluntary drinking behaviour, fluid balance and psychological affect when ingesting water or a carbohydrate-electrolyte solution during exercise. *Appetite*, 58(1), 56-63. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2011.08.023>
- Peacock, O. J., Thompson, D., & Stokes, K. A. (2013). Impact of a carbohydrate-electrolyte drink on ingestive behaviour, affect and self-selected intensity during recreational exercise after 24-h fluid restriction. *Appetite*, 60(1), 5-12. doi: <https://doi.org/10.1016/j.appet.2012.10.017>
- Pérez-Idárraga, A., & Aragón-Vargas, L. F. (2014). Postexercise rehydration: potassium-rich drinks versus water and a sports drink. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 39(10), 1167-1174. doi: <https://doi.org/10.1139/apnm-2013-0434>
- Riebe, D., Maresh, C. M., Armstrong, L. E., Kenefick, R. W., Castellani, J. W., Echegaray, M. E., Clark, B. A., & Camaione, D. N. (1997). Effects of oral and intravenous rehydration on ratings of perceived exertion and thirst. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise*, 29(1), 117-124. doi: <https://doi.org/10.1097/00005768-199701000-00017>
- Rivera-Brown A. M., Gutierrez, R., Gutierrez J.C., Padro, C., Frontera, W., & Bar-Or, O. (1999). Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *Journal Applied Physiology*, 86(1), 78-84. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/86/1/78.long>
- Rivera-Brown, A., M., Ramirez-Marrero, F. A., Wilk, B., & Bar-Or, O. (2008). Voluntary drinking and hydration in trained, heat-acclimatized girls exercising in a hot and humid climate. *European Journal of Applied Physiology*, 103(1), 109-116. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0682-1>
- Sagawa, S., Miki, K., Tajima, F., Tanaka, H., Choi, J. K., Keil, L. C., Greenleaf, J. E. (1992). Effect of dehydration on thirst and drinking during immersion in men. *Journal of Applied Physiology*, 72(1), 128-34. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/72/1/128.long>
- Sawka, M. N., Burke, L. M., Eichner, E. R., Maughan, R. J., Montain, S. J., & Stachenfeld, N. S. (2007). American College of Sports Medicine position stand. Exercise and Fluid Replacement. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 39(2), 377-390. doi: <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31802ca597>
- Scaglioni, P. (2008). Ingesta voluntaria de líquido y cambio en el gusto con opción de dos bebidas durante entrenamiento en ciclismo. *Pensar En Movimiento: Revista de ciencias del ejercicio y la salud*, 6(1), 24-33. doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v6i1.369>





- Shirreffs S. M., Aragon-Vargas L. F., Chamorro M., Maughan R. J., Serratos L., & Zachwieja J. J. (2005). The Sweating Response of Elite Professional Soccer Players to Training in the Heat. *International Journal of Sports Medicine*, 26(2), 90-95. doi: <https://doi.org/10.1055/s-2004-821112>
- Shirreffs, S. M., Armstrong, L. E., & Chevront, S. N. (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 57-63. doi: <https://doi.org/10.1080/0264041031000140572>
- Solera-Herrera, A., & Aragón-Vargas, L. F. (2006). Deshidratación y sobrehidratación voluntarias durante el ejercicio en el calor: posibles factores relacionados. *Pensar en Movimiento: Revista De Ciencias Del Ejercicio y La Salud*, 4(1), 22-33. doi: <http://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v4i1.410>
- Stachenfeld, N. S. (2014). The Interrelationship of Research in the Laboratory and the Field to Assess Hydration Status and Determine Mechanisms Involved in Water Regulation During Physical Activity. *Sports Medicine*, 44(1), 97-104. doi:<https://doi.org/10.1007/s40279-014-0155-0>
- Szlyk, P. C., Sils, I. V., Francesconi, R. P., Hubbard, R. W., & Armstrong, L. E. (1989). Effects of water temperature and flavoring on voluntary dehydration in men. *Physiology & Behavior*, 45(3), 639-647. doi: [https://doi.org/10.1016/0031-9384\(89\)90085-1](https://doi.org/10.1016/0031-9384(89)90085-1)
- Wilk, B., Rivera-Brown, A. M., & Bar-Or, O. (2007). Voluntary drinking and hydration in non-acclimatized girls exercising in the heat. *European Journal of Applied Physiology*, 101(6), 727-734. doi: <https://doi.org/10.1007/s00421-007-0539-z>

**Participación:** A- Financiamiento, B- Diseño del estudio, C- Recolección de datos, D- Análisis estadístico e interpretación de resultados, E- Preparación del manuscrito.

