

## Percepción de la sed durante el ejercicio y en la rehidratación *ad libitum* post ejercicio en calor húmedo y seco

### Thirst perception during exercise and *ad libitum* rehydration post exercise in dry and humid heat

Catalina Capitán-Jiménez & Luis Fernando Aragón-Vargas.

Centro de Investigación en Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica

Enviado: 2017-11-23 Reenviado: 2018-01-17, 2018-06-18 Aceptado: 2018-06-20 Publicado: 2018-07-01

#### Resumen

Este estudio experimental fue diseñado para evaluar durante el ejercicio y la rehidratación *ad libitum* post-ejercicio, si las percepciones subjetivas de sed y calor, así como la ingesta voluntaria de agua, son distintas en dos condiciones ambientales diferentes pero equivalentes en cuanto al índice de estrés térmico. **Métodos:** 14 participantes se ejercitaron en dos ocasiones en un cuarto de clima controlado (WBGT $\approx$ 28.5° C): una vez para el calor seco (SECO, TBS = 33.8°C, HR = 53%) y una para el calor húmedo (HUM, TBS = 32.1°C y HR = 67%) sin ingesta de fluidos, hasta alcanzar una deshidratación equivalente al 4% MC. Las percepciones de sed, calor, llenura y cólico se midieron cada 30 min durante el ejercicio. Posteriormente ingirieron agua *ad libitum* durante 90 minutos. También se midió la ingesta voluntaria de agua. **Resultados:** Durante el ejercicio, la percepción de sed fue la misma para ambas condiciones (SECO 64.44 $\pm$ 23.38, HUM 67.32 $\pm$ 20.41mm; p=0.409), pero aumentó con el tiempo (p = 0.0001). Lo mismo ocurrió con la percepción de calor: no hubo diferencia entre las condiciones (SECO 6.34 $\pm$ 0.50, HUM 6.40 $\pm$ 0.37ua; p=0.423), pero aumentó a través del tiempo (p=0.001). Al final de la rehidratación, la percepción de calor fue mayor para el calor seco (5.3  $\pm$  0.2ua) que para el calor húmedo (4.7  $\pm$  0.2ua, p=0.006). La sed al final del ejercicio (85.8  $\pm$  19.4mm) no mostró correlación significativa con la deshidratación real (3.82  $\pm$  0.18% MC, r = -0.14, p = 0.48) ni con el consumo voluntario de agua (1843  $\pm$  587 mL, r = -0.04, p = 0.85). No hubo correlación entre la pérdida de sudor real (2766  $\pm$  700 ml) y la ingesta voluntaria de agua (r = 0.16, p = 0.42). La asociación entre el balance neto de fluidos y la percepción de la sed fue de R<sup>2</sup><sub>a</sub>= 0.70 (p = 0.001) **Conclusiones:** la percepción de sed y calor fue la misma cuando se realizó ejercicio en dos condiciones ambientales diferentes con el mismo nivel de estrés térmico. La escala de percepción de la sed fue capaz de detectar la deshidratación progresiva consistentemente: cuanto mayor fue la deshidratación en el tiempo, mayor fue la sed. Sin embargo, los resultados de este estudio no apoyan la teoría de que la ingesta voluntaria de agua es adecuada para reponer las pérdidas de sudor después del ejercicio.

**Palabras claves:** deshidratación, percepción de sed, estrés térmico, ingesta voluntaria

## Abstract

This experimental study was designed to evaluate if the subjective perceptions of thirst and heat, as well as the voluntary water intake, are different in two different environmental conditions which are equivalent in terms of thermal stress index, during exercise and ad libitum rehydration post-exercise. **Methods:** 14 participants exercised twice in a controlled climate room (WBGT $\approx$ 28.5 ° C): once for dry heat (DRY, DBT = 33.8 ° C, RH = 53%) and once for humid heat (HUM, DBT = 32.1 ° C and RH = 67%) without fluid intake, until reaching a dehydration equivalent to 4% MC. Perceptions of thirst, heat, fullness and side stitch were measured every 30 min during exercise. Subsequently, they ingested water ad libitum for 90 minutes. The voluntary intake of water was also measured. **Results:** During exercise, thirst perception was the same for both conditions (DRY 64.44 $\pm$ 23.38, HUM 67.32 $\pm$ 20.41mm,  $p = 0.409$ ), but increased over time ( $p = 0.0001$ ). The same happened with heat perception: there was no difference between conditions (DRY 6.34 $\pm$ 0.50, HUM 6.40 $\pm$ 0.37ua,  $p = 0.423$ ), but it increased over time ( $p = 0.001$ ). At the end of rehydration, heat perception was greater for dry heat (5.3  $\pm$  0.2ua) than for moist heat (4.7  $\pm$  0.2ua,  $p = 0.006$ ). At the end of the exercise, thirst (85.8  $\pm$  19.4mm) showed no significant correlation with actual dehydration (3.82  $\pm$  0.18% MC,  $r = -0.14$ ,  $p = 0.48$ ) or with voluntary water intake (1843  $\pm$  587 mL,  $r = -0.04$ ,  $p = 0.85$ ). There was no correlation between the actual sweat loss (2766  $\pm$  700 ml) and the voluntary water intake ( $r = 0.16$ ,  $p = 0.42$ ). The association between net fluid balance and thirst perception was  $R^2a = 0.70$  ( $p = 0.001$ ) **Conclusions:** thirst and heat perception were the same when exercise was performed in two different environmental conditions with the same level of thermal stress. The scale of perception of thirst was able to detect progressive dehydration consistently: the greater the dehydration over time, the greater the thirst. However, the results of this study do not support the theory that voluntary water intake is adequate to replenish sweat losses after exercise.

**Key words:** dehydration, thirst perception, thermal stress, voluntary intake

## Introducción

La sudoración juega un papel importante en la termorregulación durante el ejercicio en el calor, pero ocasiona una pérdida importante de líquidos corporales que puede provocar deshidratación. Para recuperarse, es necesario beber suficiente líquido, una conducta que en los seres humanos puede ser consciente y planificada, pero a menudo depende del mecanismo de la sed. La sed es una percepción, como lo dicen Engell y colaboradores, “la experiencia subjetiva causada por el déficit de fluidos” (Engell et al. [1987](#)). También ha sido descrita por otros autores como “el deseo de tomar” (Leiper, [2013](#); Thornton, [2010](#); Greenleaf, [1992](#)).

Algunos autores aportan datos experimentales para respaldar la afirmación de que la sed es un estímulo insuficiente para mantener la euhidratación durante el ejercicio y por lo tanto, es un indicador pobre del estado de hidratación agudo (Maughan, Shirreffs, Merson, & Horswill, [2005](#); Passe, Horn, Stofan, Horswill, & Murray, [2007](#); Shirreffs, Armstrong, & Chevront, [2004](#); Solera-Herrera & Aragón-Vargas, [2006](#)), otros autores, además de coincidir con la afirmación de que la sed es un estímulo insuficiente, reportan este mecanismo como una respuesta tardía a la deshidratación (Brunstrom & Macrae, [1997](#); Machado-Moreira, Vimiero-

Gomes, Silami-García & Carneiro, [2006](#)). Por otro lado, existen autores que defienden a la sed como un mecanismo óptimo durante el ejercicio (Noakes, [2010](#); Tam & Noakes, [2013](#)) aunque los resultados de este tema siguen sin ser contundentes.

Sin embargo, la mayoría de los estudios no han medido la percepción de sed propiamente dicha, sino que han utilizado una medida indirecta de esta, a saber, la ingesta voluntaria de líquido (ver, por ejemplo, Peacock, Thompson, & Stokes, [2013](#); Rivera-Brown, Ramirez-Marrero, Wilk & Bar-Or, [2008](#); Scaglioni, [2008](#); Shirreffs et al., [2005](#); Wilk, Rivera-Brown, & Bar-Or, [2007](#)). Aunque existen algunos estudios que sí combinan mediciones de la percepción de sed con la ingesta voluntaria de líquido (Brown, McCarty, & Millard-Stafford, [2011](#); Maresh et al., [2004](#)), estos estudios utilizan la escala de percepción de sed de Engell et al. ([1987](#)), la escala analógica visual de Greenleaf ([1992](#)), o alguna modificación de éstas. Es necesario contar con más estudios que evalúen sistemáticamente la percepción de la sed, particularmente mediante la utilización de protocolos que permitan aislarla de la ingesta voluntaria de líquido, debido a la fuerte interacción que existe entre estas dos variables. También es importante evaluar si hay factores externos, como las condiciones ambientales, que podrían afectar la percepción de sed, que a fin de cuentas es una evaluación subjetiva.

Como parte del esfuerzo por entender mejor cómo funciona el mecanismo de la sed durante el ejercicio y la sudoración profusa, se desea estudiar la influencia de las condiciones ambientales, ya que los ambientes húmedos presentan una mayor dificultad para disipar el calor por lo que las percepciones, incluida la sed, podrían verse distorsionadas si se comparan con ambientes calientes con baja humedad, en los cuales se podría promover la resequead de garganta (Maughan & Shirreffs, [2004](#)).

Por ello, los objetivos de esta investigación fueron: evaluar durante el ejercicio y la rehidratación *ad libitum* post-ejercicio, si las percepciones subjetivas de sed y calor, así como la ingesta voluntaria de agua, son distintas en dos condiciones ambientales diferentes pero equivalentes en cuanto al índice de estrés térmico. Además, se evaluó la efectividad tanto de la percepción de sed al final del ejercicio en ausencia de ingesta de líquido, como de la ingesta voluntaria de agua post-ejercicio, para llenar la necesidad real de hidratación.

## Métodos

**Participantes.** Ocho hombres (edad =  $27.6 \pm 3.4$  años; peso =  $82.5 \pm 17.5$  kg) (media  $\pm$  d.e.) y seis mujeres (edad =  $26.8 \pm 2.1$  años; peso =  $58.5 \pm 7.9$  kg), aceptaron participar voluntariamente en el estudio y firmaron el consentimiento informado. El protocolo fue aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica, según oficio VI-7361-2012.

Todos los participantes fueron clasificados como físicamente activos (realizaban actividad física por lo menos 3 veces por semana durante 60 min), según las normas del Colegio Americano de Medicina Deportiva (Garber et al, [2011](#)), además, completaron un cuestionario de información personal y antecedentes personales, donde reportaron no presentar problemas cardiovasculares, renales o hepáticos, ni se encontraban tomando medicamentos al momento del estudio. Ninguno reportó haber sufrido de complicaciones por calor en el pasado.

A los participantes se les informó que el objetivo del estudio era evaluar diferentes percepciones cuando se hace ejercicio, razón por la cual se les harían preguntas sobre calor, cólico, llenura y sed; sin embargo, no se les indicó que la variable de interés para el estudio era específicamente la percepción de sed o la ingesta de agua post ejercicio.

## Procedimientos

**Pre-ejercicio.** Los participantes se presentaron al laboratorio en ayunas (mínimo de 10 horas de ayuno) en dos ocasiones distintas (calor seco y calor húmedo). Se les solicitó una muestra de orina para medir la gravedad específica de la orina (USG por sus siglas en inglés) mediante un refractómetro manual ATAGO® modelo URC-Ne (Minato-ku, Tokyo, Japón), con un espectro de 1.000 a 1.050. Esta medida sirvió como indicador de su estado inicial de hidratación (USG<sub>ayuno</sub>). Se midió el peso corporal inicial (MC<sub>ayuno</sub>) a cada participante desnudo y seco con una báscula e-Accura®, modelo DSB291(Qingpu, Shanghai, China), con una capacidad máxima de 250 kg y una sensibilidad de 10 g. Se evaluaron las percepciones de sed, calor, cólico y llenura en condiciones de ayuno.

Para la percepción de sed se utilizó una escala analógica visual que consistía en una línea continua de 100 mm, en cuyo extremo izquierdo se indica *nada sediento* y en el extremo derecho *muy sediento*. Para evaluar la percepción de calor se utilizó la escala de Young, Sawka, Epstein, Decristofano, & Pandolf ([1987](#)), en la cual 0 corresponde a “increíblemente frío” y 8 a “increíblemente caliente”. Finalmente, para la sensación de llenura y cólico se hicieron las preguntas ¿qué tan lleno se siente? ¿cuánto cólico siente?, a las cuales debían contestar con un puntaje entre 1 (nada) y 5 (muy, muy). Para evitar contaminación cruzada entre las respuestas a las preguntas, entre una y otra se les solicitó a los participantes que contarán de forma descendente de 40 a 0 en múltiplos de 5; también se utilizó la aleatorización del orden de presentación de las preguntas para cada momento y cada persona.

Los participantes ingirieron un desayuno estandarizado (376 kcal: 11% grasas, 14.5% proteínas y 74% carbohidratos), el cual incluyó 200 mL de líquido y aproximadamente 876mg sodio; treinta minutos después de ingerido el desayuno, se midió el peso pre-ejercicio (MC<sub>pre</sub>)

desnudos y secos y se evaluaron nuevamente las percepciones de sed, calor, cólico y llenura (preejercicio) fuera de la cámara ambiental. Las dos últimas variables fueron utilizadas únicamente como variables distractoras para evitar que los participantes se centraran en la percepción de la sed, la principal variable de interés.

**Ejercicio.** Cada participante completó dos sesiones en orden aleatorizado, separadas por una semana, en una cámara de clima controlado: una sesión en calor seco (SECO) (temperatura de bulbo seco, tbs = 33.8°C, humedad relativa, HR = 53%) y una sesión en calor húmedo (HUM) (tbs = 32.1°C y HR = 67%), correspondientes a un índice de estrés térmico WBGT = 28.6°C y 28.5°C, respectivamente. El estrés por calor ambiental fue monitoreado con un monitor marca Questemp36® (3M, Oconomowoc, WI, EE.UU.).

Dentro de la cámara, cada participante se ejercitó en una bicicleta estacionaria sin carga predeterminada (Monark® 818c, Vansbro, Suecia) a una intensidad aproximada de 65 ± 3.2% FCmax (calculada 220-edad) durante el tiempo necesario para alcanzar una deshidratación de ≈ 4% del peso corporal (aproximadamente 2 horas). El ejercicio se realizó en lapsos de 30 minutos, alternados con 5 minutos de descanso, estos se utilizaron para realizar los pesajes de monitoreo de la pérdida de peso. Después de 10 minutos de iniciado cada lapso de ejercicio, se evaluaron las cuatro percepciones tantas veces como fuera necesario hasta que se alcanzó la deshidratación preestablecida, a los 10, 40, 70, 100, 130 y 160 minutos; la última evaluación que se hizo se tomó como correspondiente al final del ejercicio, tanto para las percepciones como para el peso corporal (MC<sub>posejer</sub>).

El porcentaje de deshidratación (DESH%) se calculó mediante la fórmula:

$$\text{DESH\%} = [(MC_{\text{posejer}} - MC_{\text{pre}}) / MC_{\text{pre}}] \times 100$$

### **Ingesta de líquido (fase de rehidratación post-ejercicio)**

Al finalizar el ejercicio, una vez alcanzada la deshidratación preestablecida (≈4% MC), los participantes se mantuvieron en la cámara de ambiente controlado por 90 minutos en los cuales podían ingerir líquido de forma *ad libitum*. Cada participante recibió una botella de agua recién salida del refrigerador cada vez que la solicitaba, sin instrucción alguna sobre la cantidad de agua que debía ingerir. Se midió la temperatura del agua de cada botella antes de entregarla al participante, con un termómetro clínico. Cada botella fue pesada antes y después de entregada al participante en una báscula OHAUS® Compact Scales, modelo CS2000 (Parsippany, NJ, EE.UU.) hasta el gramo más cercano, para calcular el volumen de líquido ingerido (VLI) a los 30, 60 y 90 minutos del período de rehidratación. Además, se midieron las

percepciones de sed, calor, llenura y cólico a los 10, 40 y 70 minutos del mismo período. Al terminar la fase de rehidratación se midieron una última vez las percepciones, así como el peso corporal desnudos y secos ( $MC_{final}$ ).

Se calculó la proporción de líquido reemplazado (%repos) utilizando el peso perdido en gramos, con la fórmula

$$MC_{per} = MC_{pre} - MC_{posejer}$$

Entonces,

$$\%repos = (VLI / MC_{per}) \times 100$$

Los participantes tenían la opción de orinar, dentro de la cámara de clima controlado durante los 90 minutos de rehidratación, en un recipiente que luego se usaría para medir el volumen de orina; sin embargo, ninguno lo hizo.

**Análisis estadístico.** Se calculó la estadística descriptiva de peso y edad para caracterizar a los participantes, y se verificó la normalidad de todas las variables de interés. Se compararon los valores iniciales, así como al final del ejercicio en el calor, entre ambas condiciones ambientales (SECO y HUM) mediante pruebas t de Student para muestras relacionadas, de las siguientes variables: gravedad específica de la orina, peso corporal, percepción de la sed, calor, cólico y llenura en ayunas; temperatura de bulbo seco, humedad relativa e índice de estrés térmico durante el ejercicio; deshidratación alcanzada al final del ejercicio; y temperatura de bulbo seco, humedad relativa e índice de estrés térmico, durante la rehidratación.

Se realizaron análisis de varianza (ANOVA) de medidas repetidas de dos vías (condición ambiental y tiempo de medición) para el peso corporal, el balance neto de fluidos, la percepción de sed, percepción de calor, percepción de llenura, percepción de cólico, temperatura del agua e ingesta voluntaria de agua. El análisis post-hoc de los efectos principales se hizo con un ajuste de Bonferroni para comparaciones múltiples. Finalmente, se realizaron correlaciones para valorar la fuerza de la asociación entre la percepción de sed y el balance neto de fluidos al final del ejercicio, así como entre la pérdida de sudor durante el ejercicio y la ingesta voluntaria de agua en 90 minutos

## Resultados

La tabla 1 muestra la comparación entre ambas condiciones ambientales, SECO y HUM. No hubo diferencia estadísticamente significativa en ninguno de los valores, con



excepción de la temperatura de bulbo seco y la humedad relativa, tanto durante el ejercicio como durante la rehidratación, conforme al diseño del estudio.

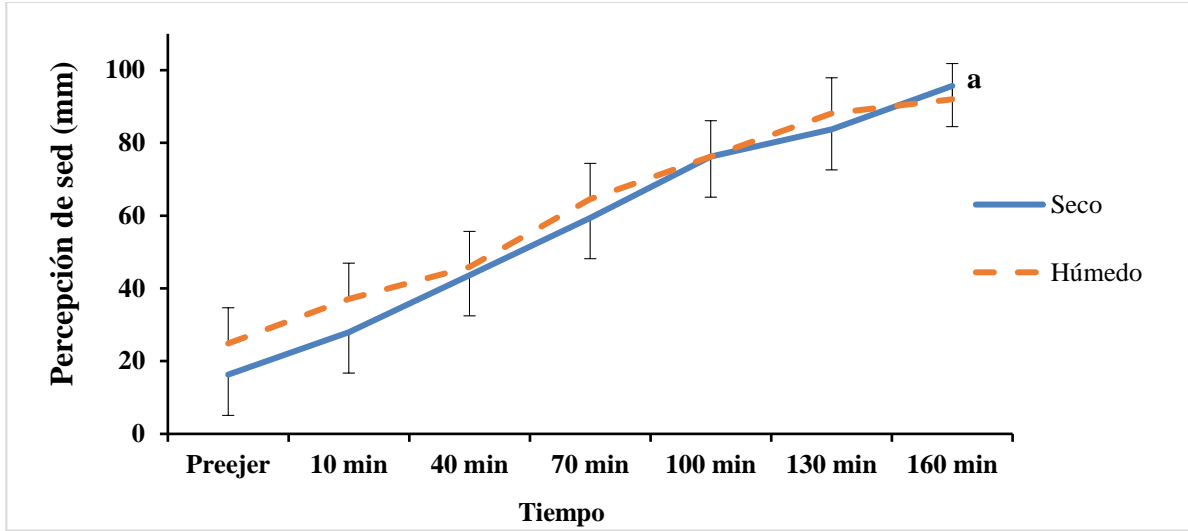
	Calor seco		Calor húmedo		p
	Media	D. E.	Media	D. E.	
MC <sub>ayuno</sub> (kg)	72.19	18.5	71.91	18.32	0.17
USG <sub>ayuno</sub>	1.017	0.005	1.017	0.005	0.77
Sed <sub>ayuno</sub>	32.1	28.5	40.5	29.6	0.35
Calor <sub>ayuno</sub>	3.6	0.9	4.0	1.1	0.22
Cólico <sub>ayuno</sub>	1.0	0.0	1.29	0.7	0.16
Llenura <sub>ayuno</sub>	1.5	0.7	1.8	0.8	0.34
Temp <sub>ej</sub> °C	33.7	0.1	31.8	0.3	<0.0001
HumRel <sub>ej</sub> %	52.1	1.2	64.1	1.7	<0.0001
WBGT <sub>ej</sub> °C	28.4	0.2	28.0	0.1	0.05
DESH%	3.83	0.08	3.81	0.24	0.76
Temp <sub>reh</sub> °C	34.7	0.1	31.3	0.2	<0.0001
HumRel <sub>reh</sub> %	49.7	1.2	71.0	1.2	<0.0001
WBGT <sub>reh</sub> °C	28.8	0.2	28.2	0.3	0.07
% Repos.	71.3	33.8	68.0	22.6	0.61

**Tabla 1.** Comparación entre las condiciones ambientales.

MC<sub>ayuno</sub>, peso en ayunas. USG<sub>ayuno</sub>, gravedad específica de la orina en ayunas. Sed<sub>ayuno</sub>, percepción de sed en ayunas según la escala lineal de 100mm. Calor, percepción de calor según escala de Young et al. [1987](#). Cólico, percepción de cólico. Llenura, percepción de llenura. Temp<sub>ej</sub>, temperatura ambiental de bulbo seco durante el ejercicio. HumRel<sub>ej</sub>, humedad ambiental relativa durante el ejercicio. WBGT<sub>ej</sub>, índice de estrés térmico durante el ejercicio. Temp<sub>reh</sub>, temperatura ambiental de bulbo seco durante la rehidratación. HumRel<sub>reh</sub>, humedad ambiental relativa durante la rehidratación. WBGT<sub>reh</sub>, índice de estrés térmico durante la rehidratación. Repos, porcentaje del líquido perdido por sudoración que fue repuesto por la ingesta voluntaria.

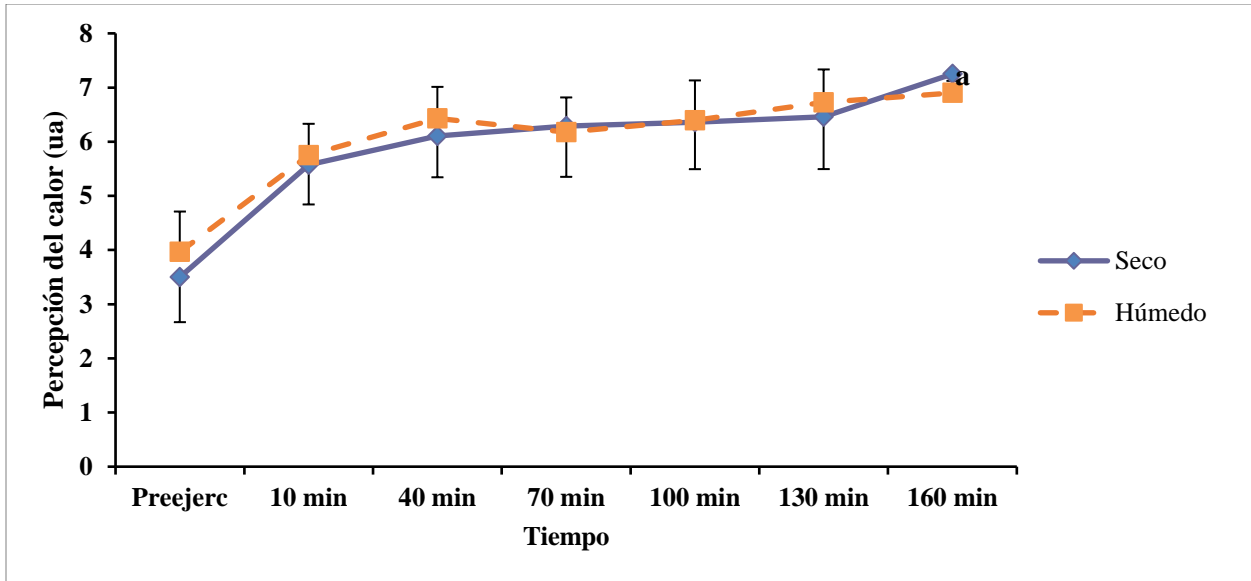
**Pérdida de peso.** Los participantes perdieron  $2.78 \pm 0.66$  kg, equivalentes a un  $3.83 \pm 0.08\%$  en la sesión seca y  $2.75 \pm 0.69$  kg, equivalentes a  $3.81 \pm 0.23\%$  MC en la sesión húmeda. La deshidratación alcanzada en ambas sesiones fue la misma ( $p > 0.05$ ).

**Percepciones durante el ejercicio.** La percepción de sed cambió en el tiempo ( $p < 0.001$ ), y lo mismo se presentó en ambas condiciones, pero al comparar la percepción de sed entre condiciones no se encontraron diferencias significativas ( $p = 0.916$ ), tal y como se muestra en la figura 1.



**Figura 1.** Percepción de sed a través del tiempo en las diferentes condiciones. Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. (a) Diferencias a través del tiempo.

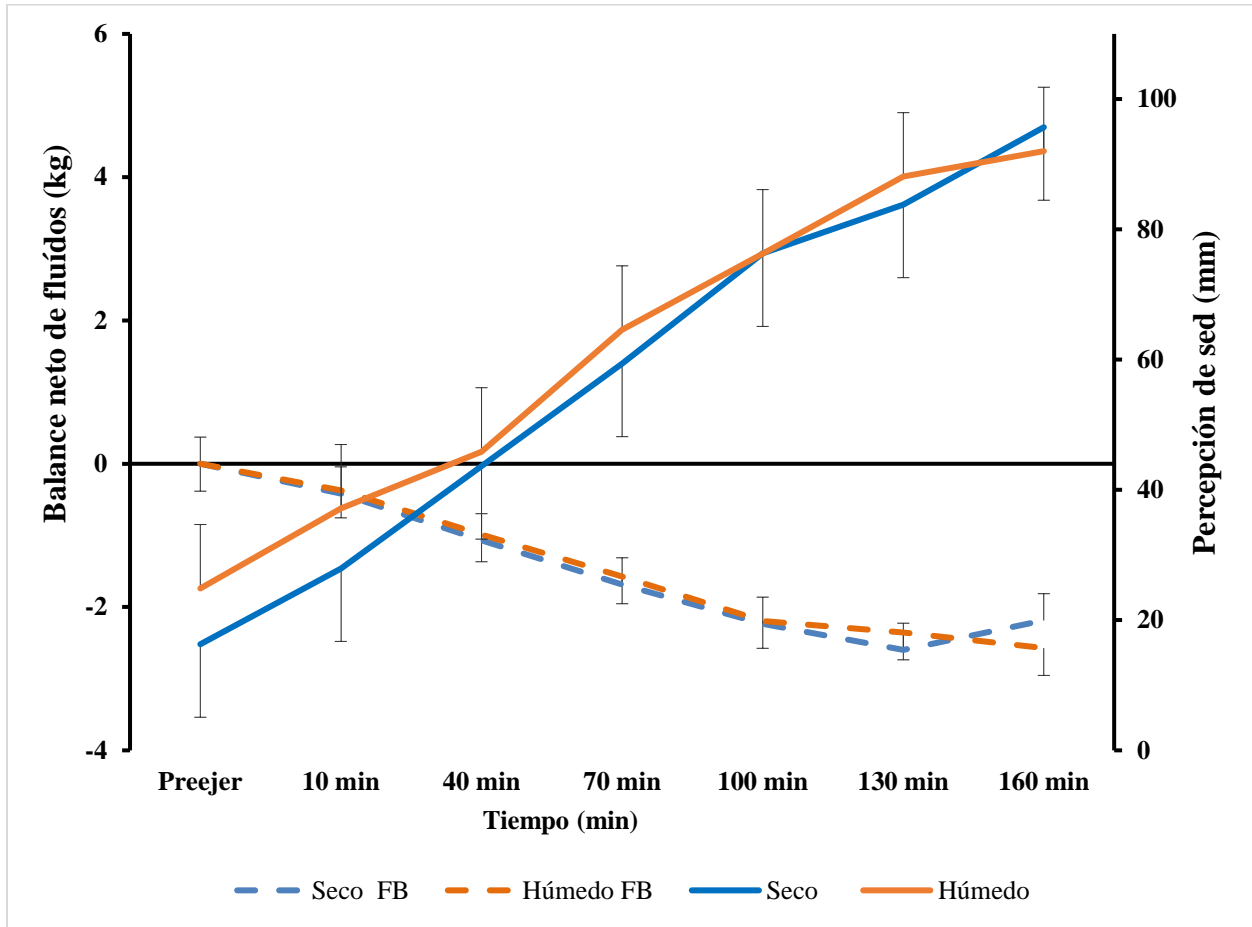
**Percepción de calor durante el ejercicio.** No se encontraron diferencias significativas entre sesiones ( $p=0.423$ ) en la percepción de calor de los participantes, sin embargo, esta percepción aumentó a través del tiempo en ambas condiciones ( $p=0.001$ ) (figura 2).



**Figura 2.** Percepción de calor a través del tiempo en las diferentes condiciones. Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. (a) Diferencias a través del tiempo.



**Balance neto de fluidos vs percepción de la sed durante el ejercicio.** Al comparar el balance neto de fluidos no se encontró diferencia significativa entre sesiones ( $p=0.140$ ), tampoco se encontró diferencia en la percepción de la sed ( $p=0.916$ ); la asociación entre el balance neto de fluidos y la percepción de la sed fue de  $R^2_a= 0.70$  ( $p = 0.001$ ) (figura 3).

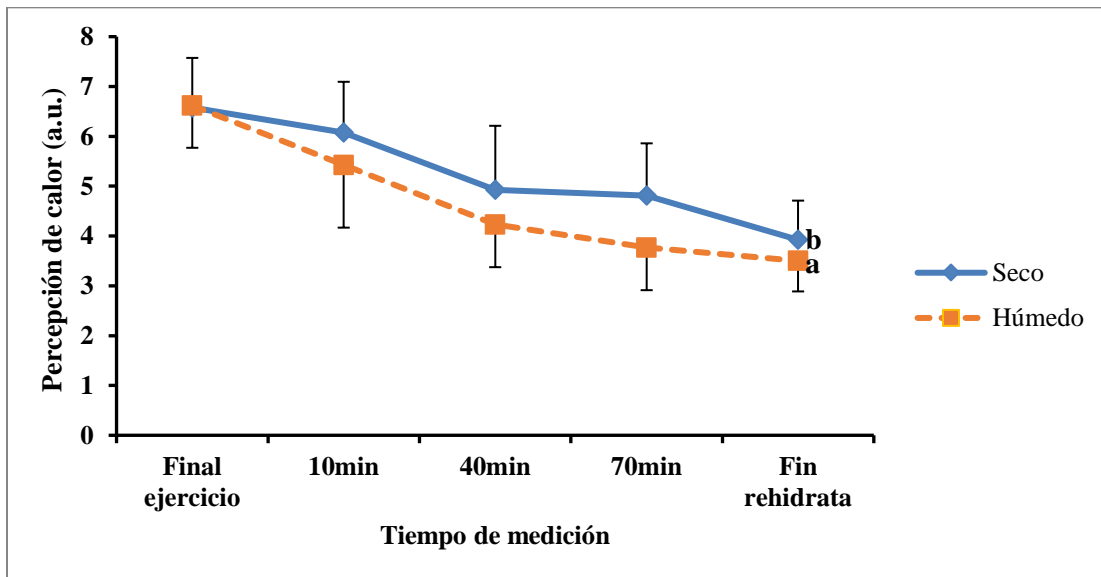


**Figura 3.** Balance neto de fluidos (FB) y percepción de sed en las diferentes condiciones. Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. Las líneas punteadas representa el balance neto de fluidos y las líneas continuas la percepción de la sed.

Se encontró una asociación baja pero significativa entre el balance neto de fluidos y la percepción de sed, al analizar las sesiones por separado: sesión seca ( $R^2= 0.18$ ,  $p = 0.001$ ) y sesión húmeda ( $R^2= 0.12$ ,  $p = 0.001$ ).

**Percepciones post-ejercicio.** El análisis de varianza para la temperatura del agua usada en la rehidratación no mostró una interacción significativa ( $p = 0.80$ ) ni un efecto significativo de la condición ambiental ( $4.9 \pm 0.2^\circ\text{C}$  vs.  $5.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$  para la sesión seca y húmeda, respectivamente,  $p = 0.38$ ). Sin embargo, hubo un aumento de la temperatura del agua conforme transcurrió el tiempo ( $4.6 \pm 0.1^\circ\text{C}$ ,  $5.1 \pm 0.1^\circ\text{C}$  y  $5.2 \pm 0.1^\circ\text{C}$  para los minutos 30, 60 y 90, respectivamente;  $p = 0.001$ ).

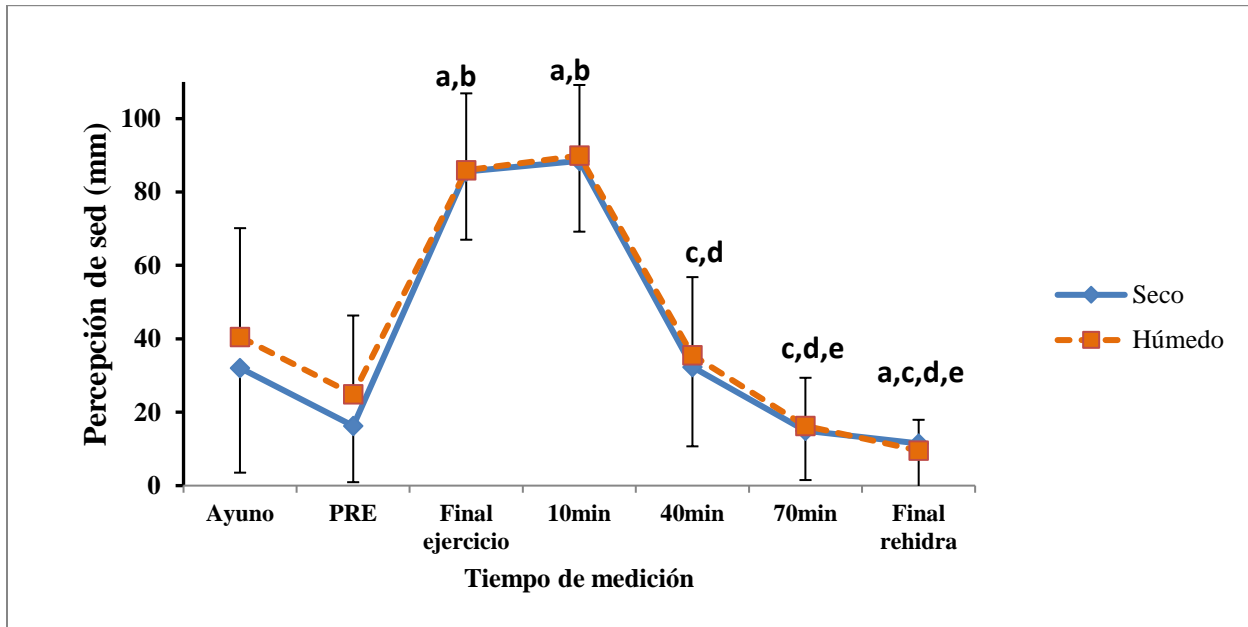
Los ANOVA de percepción de llenura y percepción de cólico no mostraron interacción significativa entre condición ambiental y tiempo de medición, tampoco efectos principales. Sin embargo, como se puede observar en la fig. 4, hubo un efecto principal tanto del tiempo ( $p < 0.001$ ) como de la condición ambiental ( $p = 0.006$ ) en el caso de la percepción de calor (la interacción no fue significativa,  $p = 0.25$ ). Concretamente, la percepción de calor durante el período de rehidratación fue mayor en la condición de calor seco ( $5.3 \pm 0.2$  u.a.) que en la de calor húmedo ( $4.7 \pm 0.2$  u.a.).



**Figura 4.** Percepción de calor durante la rehidratación. Las barras representan la media  $\pm$  desviación estándar. (a) Diferente a través del tiempo ( $p < 0.001$ ), (b) diferencia entre condiciones ( $p = 0.006$ )

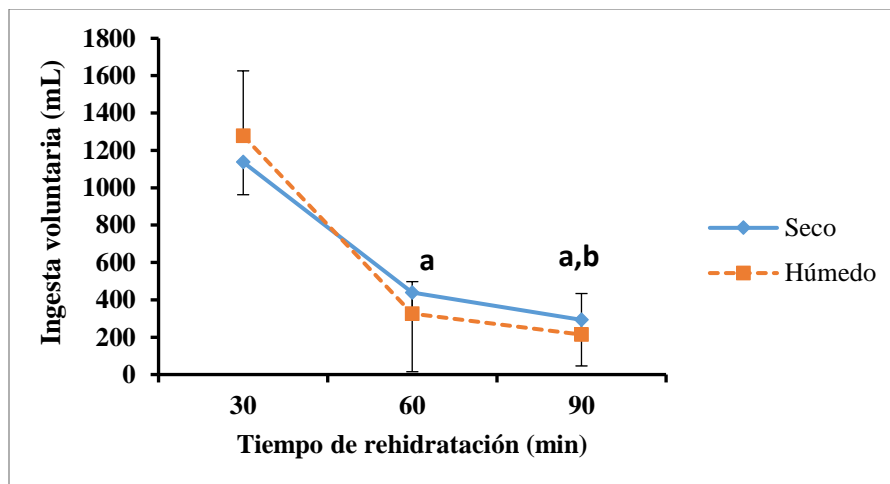
En la figura 5 se muestra la percepción de sed. La interacción entre condición ambiental y tiempo de medición no fue significativa ( $p = 0.723$ ). Tampoco hubo un efecto principal de la condición ambiental ( $40.2 \pm 3.2$  mm vs.  $43.2 \pm 4.0$  mm para la sesión seca vs. húmeda, respectivamente;  $p = 0.213$ ). Se encontró un efecto significativo del tiempo ( $p < 0.001$ ). El

análisis post-hoc mostró diferencias significativas entre la mayoría de los tiempos de medición, pero no en la comparación entre el momento antes del ejercicio y el final de la rehidratación.



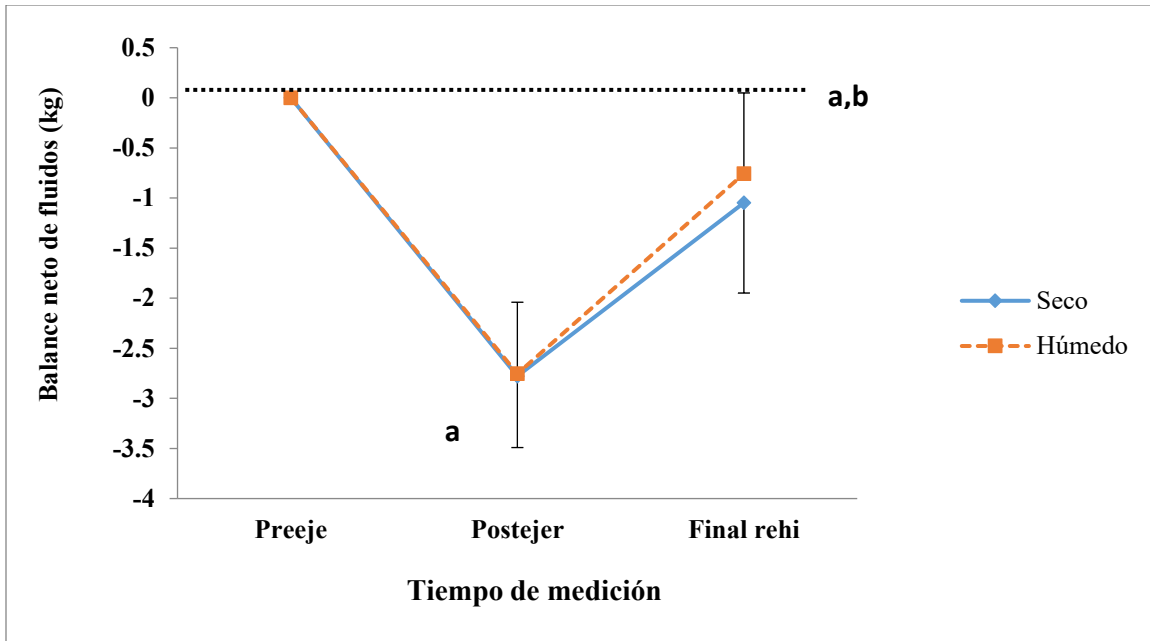
**Figura 5.** Percepción de la sed (escala lineal de 100mm). Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. (a) diferente de AYUNO, (b) diferente de PRE, (c) diferente de Final ejercicio, (d) diferente de 10min, (e) diferente de 40 min,  $p < 0.05$ .

La figura 6 muestra las ingestas voluntarias parciales de agua durante el período de rehidratación. La interacción entre condición ambiental y tiempo de medición no fue significativa ( $p = 0.113$ ). Tampoco hubo diferencia entre sesión seca ( $623 \pm 58$  mL) y sesión húmeda ( $606 \pm 48$  mL) ( $p = 0.741$ ), pero sí hubo un efecto significativo del tiempo sobre la ingesta voluntaria ( $p < 0.001$ ); el análisis post-hoc mostró que todos los tiempos de medición fueron distintos entre sí ( $1208 \pm 61$  mL en los primeros 30 minutos,  $382 \pm 66$  mL en la segunda media hora y  $253 \pm 54$  mL para los últimos 30 minutos,  $p < 0.05$ ). La ingesta voluntaria total de agua fue de  $1869 \pm 655$  mL para el clima seco y  $1818 \pm 534$  mL para el clima húmedo ( $p = 0.741$ ).



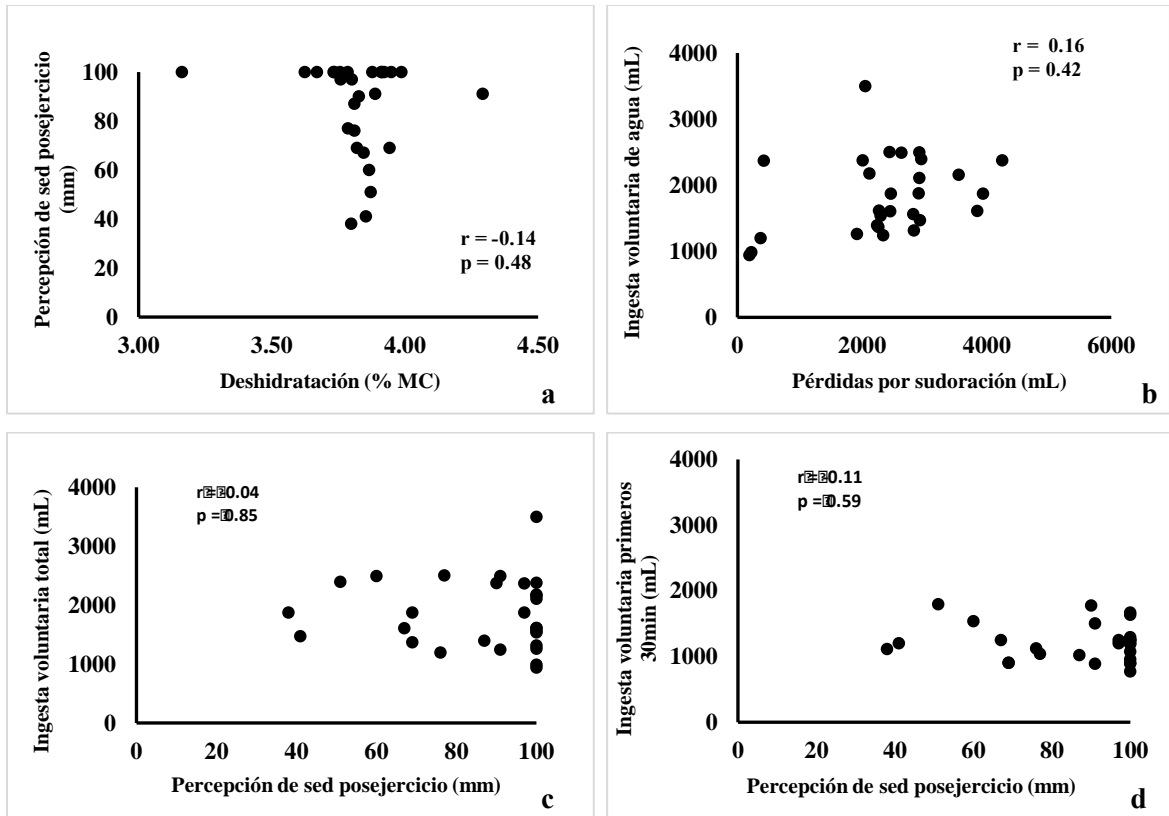
**Figura 6.** Ingesta voluntaria de agua (volúmenes parciales). Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. (a) diferente de 30 min, (b) diferente de 60 minutos,  $p < 0.05$ .

El balance neto de fluidos al final del ejercicio y al final de la rehidratación se presenta en la figura 7. La interacción entre condición ambiental y tiempo de medición no fue significativa ( $p = 0.436$ ). Tampoco hubo un efecto principal de la condición ambiental ( $p = 0.192$ ). Sí hubo diferencias significativas en el tiempo ( $p < 0.001$ ); el análisis post-hoc muestra que el balance neto de fluidos fue distinto entre todas las mediciones ( $p < 0.005$ ):  $0.00 \pm 0.00$  kg preejercicio,  $-2.77 \pm 0.19$  kg post ejercicio, y  $-0.90 \pm 0.20$  kg al final de la rehidratación voluntaria.



**Figura 7.** Balance neto de fluidos. Las barras representan la media  $\pm$  error estándar. (a) diferente de pre, (b) diferente de post,  $p < 0.05$ .

Las correlaciones entre las variables de interés se muestran en la figura 8. Se compara la deshidratación al final del ejercicio (CV = 0.05) con la percepción de sed lineal en el mismo instante (CV = 0.23) (figura 8a), la pérdida de líquido por sudoración (CV = 0.25) con la ingesta voluntaria total (CV = 0.32) (figura 8b), la percepción de sed lineal al final del ejercicio con la ingesta voluntaria total (figura 8c), y la percepción de sed al final del ejercicio con la ingesta voluntaria los primeros 30 minutos de rehidratación (CV = 0.23) (figura 8d). Ninguna de las correlaciones fue significativa.



**Figura 8.** Correlaciones bivariadas. Se agrupan los datos para ambas condiciones climáticas,  $n = 28$ .

## Discusión

Los resultados del estudio mostraron que la percepción de la sed y calor durante el ejercicio, tienen el mismo comportamiento en condiciones climáticas distintas (calor seco y calor húmedo) con el mismo nivel de estrés térmico. En ausencia de líquido durante el ejercicio en el calor, la percepción subjetiva de sed fue capaz de identificar la deshidratación con una relación directa (más deshidratación- más sed) y en condiciones ambientales distintas (seco-húmedo), con el mismo nivel de estrés térmico, este efecto se presentó igual para ambas.

La sed es conocida como un potente recordatorio de consumo de líquido (Kavouras, 2013), poco efectivo durante el ejercicio pues se considera insuficiente para reponer las pérdidas de líquido (Machado-Moreira et al. 2006; Leiper, 2013 & Armstrong, et al, 2014, Capitán-Jiménez & Aragón-Vargas, 2016). Esta investigación muestra que la sed es un mecanismo capaz de detectar la deshidratación progresiva al realizar ejercicio, lo cual difiere de las investigaciones previas pues en todas se menciona a la sed como un mecanismo ineficiente y tardío para detectar deshidratación (Leiper, 2013; Brunstrom & Macrae, 1997; Machado-Moreira et al. 2006). Los autores suponen que estos resultados son distintos debido a



las condiciones del experimento: en las investigaciones previas donde la sed es la variable de estudio se han enfocado en determinar si es posible reponer los líquidos perdidos por sudoración según la percepción de sed (Armstrong et al, [2014](#); Machado-Moreira et al. [2006](#); Maughan & Shirreffs, [2004](#)); mientras tanto, en esta investigación, la variable sed se estudió durante el ejercicio con la intención de analizar si este mecanismo tenía una relación directa con el nivel de deshidratación a través del tiempo.

Una de las diferencias más importantes de la presente investigación con estudios previos, es que a los participantes no se les permitió ingerir líquido durante el ejercicio, lo cual permitió aislar el efecto de la deshidratación sobre la percepción de la sed. Esto, porque está bien descrito que al ingerir líquido la percepción de la sed disminuye de manera significativa aún en condiciones normales de vida (Igbokwe & Obika, [2008](#)); este fenómeno ha sido ampliamente estudiado en ejercicio, donde al ingerir líquidos la percepción de sed disminuye aún cuando el nivel de deshidratación se mantiene por encima del 2% MC (Armstrong et al, [2014](#); Machado-Moreira et al. [2006](#); Capitán-Jiménez & Aragón-Vargas, [2016](#)).

Por otro lado, la percepción de calor fue evaluada al mismo tiempo que la percepción de la sed en ambas sesiones, y aunque se esperaba que la percepción de calor fuera más alta en la sesión más húmeda debido a la dificultad de la piel para evaporar el sudor en estas condiciones de humedad, esto no fue así, la percepción del calor fue la misma. Es probable que la razón de esto sea porque se mantuvo el mismo nivel de estrés térmico. Stapleton, Wright, Stephen, Hardcastle, & Kenny ([2012](#)) encontraron cambios similares en contenido de calor almacenado, temperatura rectal y frecuencia cardíaca cuando compararon un ambiente caliente y seco con un ambiente caliente y húmedo, pero con el mismo nivel de estrés térmico. Y aunque en esta investigación no se evaluaron estas variables, los autores suponen que esto pudo deberse a dos factores: en primer lugar, el calor ambiental era compensable por lo que los participantes mantuvieron estable su temperatura corporal central; y segundo, las diferencias absolutas en temperatura y humedad no fueron tan grandes ( tabla 1), pero sí estadísticamente significativas entre sesiones, en nuestra investigación en la sesión seca se presentó una mayor percepción de calor, a pesar de que este comportamiento está reportado cuando los ambientes son húmedos y la disipación del calor es más difícil, esto puede responder que en la sesión seca la humedad relativa no fue tan baja como la reportada en investigaciones anteriores.

Cuando se analizó el comportamiento post-ejercicio, se encontró que la escala de percepción de sed se comportó según lo previsto: como puede observarse en la figura 5, la sed se elevó considerablemente al final del ejercicio y se mantuvo elevada los primeros diez

minutos del período de rehidratación, sin que se presentaran diferencias significativas entre las dos condiciones ambientales. Este resultado, combinado con una mayor percepción de calor para la condición de calor seco comparada con el calor húmedo (fig. 4), confirma que la percepción de sed es sensible a la deshidratación real y sugiere que no se ve afectada por condiciones ambientales como las utilizadas en este estudio.

Sin embargo, la ingesta voluntaria de agua hizo caer rápidamente la percepción de sed, de manera que a partir de los 40 minutos de iniciada la ingesta su valor no fue estadísticamente distinto de la percepción de sed antes de iniciar el ejercicio. Esta pérdida de la habilidad de la sed para predecir la necesidad de hidratación en humanos posterior a la ingesta de agua se ha reportado previamente; se ha sugerido que la ingesta de agua “apaga” la sensación de sed en forma temprana, llegando a ser un estímulo insuficiente para lograr la euhidratación después del ejercicio en el calor (Capitán-Jiménez y Aragón-Vargas, [2016](#) Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas, [2014](#)). En el presente estudio, la percepción de sed reportada al final de los 90 minutos de ingesta de agua no fue distinta de la reportada antes de iniciar el ejercicio. Sin embargo, el balance neto de fluidos para ese momento era equivalente a  $-900 \pm 200$  mL.

Los valores de percepción de sed se elevaron considerablemente al final del ejercicio en el calor, reportando en la mayoría de los casos el valor máximo de la escala, sin embargo, el nivel de deshidratación alcanzado no es lo suficientemente alto (ningún participante superó el 4%MC) para reportar una percepción máxima de la escala, como si se pudo observar y es comprensible en estudios donde la deshidratación alcanzó el 7% de la masa corporal (Engell et al. [1987](#)). Esto podría indicar que la escala de percepción de sed supone un máximo que podría ser alcanzado aún con niveles de deshidratación moderados.

En otros diseños de investigación se puede evaluar la correlación entre sed y deshidratación real (Capitán-Jiménez y Aragón-Vargas, [2016](#)), pues son estudios que comparan distintos grados de deshidratación con la sed reportada para cada uno. El presente estudio más bien intentó que todos los participantes alcanzaran la misma deshidratación, esto es,  $\approx 4\%$ MC. Si las necesidades de hidratación estuvieran fuertemente asociadas con la percepción de la sed, sería esperable que esta última no tuviera mucha variabilidad en nuestro estudio. Sin embargo, como lo muestra claramente la figura 8a, el coeficiente de variación es mucho más bajo para la deshidratación que para la percepción de sed.

Es posible que se esté exigiendo demasiada precisión a la percepción de sed, un mecanismo fisiológico cuyo reporte y medición son subjetivos, por lo cual solamente se puede medir de manera imperfecta. Una alternativa, utilizada con frecuencia por los investigadores, consiste en medir la ingesta voluntaria de líquido—una conducta cuantificable de manera

objetiva—como medida indirecta de la sed (Brown et al. [2011](#); Maresh et al. [2004](#); Peacock et al. [2013](#); Rivera-Brown et al. [2008](#); Scaglioni, [2008](#); Shirreffs et al. [2005](#); Wilk et al. [2007](#)). El diseño del presente estudio permitió realizar análisis más profundos de la posible relación de la ingesta de líquido con la deshidratación, nuestros resultados no mostraron una correlación significativa entre las pérdidas reales de líquido por sudoración y la ingesta voluntaria de agua en 90 minutos, como lo muestra la figura 8b. Esto concuerda con el reporte de Solera-Herrera y Aragón-Vargas ([2006](#)) quienes, en un protocolo de ingesta voluntaria de bebida deportiva durante el ejercicio en el calor con 93 participantes, no encontraron una correlación significativa entre la tasa de sudoración y la ingesta voluntaria por kilogramo de peso corporal ( $r = 0.17$ ,  $p = 0.098$ ). A pesar de haber encontrado una asociación entre la percepción de sed con el balance neto de fluidos, esta asociación fue baja pero significativa (ver figura 3).

Por otro lado, la investigación no encontró relación alguna entre la percepción de sed al final del ejercicio y la ingesta voluntaria posterior de agua, ya sea que se analice la ingesta total de los 90 minutos ( $r = -0.04$ ,  $p = 0.85$ ) o solamente la ingesta de los primeros 30 minutos ( $r = -0.11$ ,  $p = 0.59$ ) (Figuras 8c y 8d). Finalmente, la ingesta voluntaria de agua post-ejercicio no fue distinta para las dos condiciones ambientales de nuestro estudio (fig. 6), a pesar de que la percepción de calor durante la rehidratación era distinta entre ellas (fig. 4). Estos datos son consistentes con lo sugerido previamente por Solera-Herrera y Aragón-Vargas ([2006](#)): la ingesta voluntaria de líquido no refleja las necesidades reales de hidratación ni la sensación de calor.

En resumen, este estudio muestra que la escala percepción de sed utilizada les permitió a los participantes detectar claramente la deshidratación ocurrida por el ejercicio en el calor sin ingesta de líquido, pero mostró mucha variabilidad. Además, posterior al inicio de ingesta de agua, los participantes perdieron toda capacidad predictora del balance neto de fluidos. Las condiciones de calor seco y húmedo utilizadas fueron suficientemente distintas como para ser percibidas por los participantes; sin embargo, no incidieron en la percepción de la sed ni en la ingesta voluntaria de líquido. Finalmente, la ingesta voluntaria de líquido se comportó de manera aleatoria, al no mostrar relación alguna con la necesidad real de líquido ni con la percepción de sed de los participantes. En conclusión, este estudio no respalda la teoría de que la ingesta de agua según la sed sea una buena manera de reponer el líquido perdido por sudoración durante el ejercicio en en clima caliente húmedo como en clima caliente seco.

## Agradecimientos

Esta investigación fue patrocinada por la Universidad de Costa Rica, proyectos VI-245-B0-315 y VI-838-B4-309 y por Florida Ice and Farm, Co. de Costa Rica.

## Referencias

- Armstrong, L., Johnson, E., Kunces, L., Ganio, M., Judelson, D., Kupchak... Williamson., K. (2014). Drinking to thirst vrs drinking Ad Libitum during road cycling. *Journal of Athletic Training*, 49 (5), 624-631. Retrieved from: <http://natajournals.org/doi/10.4085/1062-6050-49.3.85?code=nata-site>
- 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 Phisiology*, 301(4), R1177-R1185. Doi. 10.1152/ajpregu.00551.2010
- Brunstrom, J., & Macrae, A. (1997). Effects of temperature and volume on measures of mouth dryness, thirst and stomach fullness in males and females. *Appetite*, 29, 31-42. Doi: <https://doi.org/10.1006/appe.1997.0089>
- Capitán-Jiménez, C., & Aragón-Vargas, L. F. (2016) Thirst response to post-exercise fluid replacement needs and controlled drinking. *Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud*, 14(2), 1-16. Doi: <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v14i2.25853>
- 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)
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334-1359. Doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf..
- Greenleaf, J. E. (1992). Problem: Thirst, drinking behavior and involuntary dehydration. *Medicine and Science in Sports Exercise*, 24(6), 645-656. Retrieved from: <http://journals.lww.com/acsm-msse/pages/articleviewer.aspx?year=1992&issue=06000&article=00007&type=abstract>
- Igbokwe, V., & Obika, L. (2008). Thirts perception and dryness of mouth in healthy young adults Nigerians. *African Journal of Biomedical Research*, 11, 39-46. Retrieved from: <http://www.bioline.org.br/>
- Kavouras, S. (2013). Thirst survival instinct or sensitive fluid balance homeostatic mechanism? . *Nutrition Today* , 48 (4S), S7-S9. Doi: 10.1097/NT.0b013e31829785f1
- Leiper, J. (2013). Thirst Physiology. *Encyclopedia of Human Nutrition* , 4, 280-287. In: B Caballero, L Allen, A Prentice, eds, 3rd ed. Oxford, UK: Academic Press, Elsevier Ltd.

- Machado-Moreira, C.A., Vimieiro-Gomes, A.C., Silami-Garcia, E., & Carneiro Rodrigues, L.O. (2006). Hidratação durante o exercício: a sede é suficiente?. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 12(6), 405-409. Doi: <https://dx.doi.org/10.1590/S1517-86922006000600020>
- 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: 10.1152/jappphysiol.00956.2003
- Maughan, R., & Shirreffs, S. (2004). Exercise in the heat: challenges and opportunities. *Journal of Sports Sciences*, 22, 917-927. Doi: 10.1080/02640410400005909
- 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: 10.1080/02640410410001730115
- Noakes, T. (2010). Is drinking to thirst optimum?. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 57 (Suppl. 2), 9-17. Doi: 10.1159/000322697
- 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. Retrieved from: <https://journals.humankinetics.com/doi/10.1123/ijnsnem.17.3.284>
- 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: 10.1016/j.appet.2012.10.017
- Pérez-Idarraga, 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: 10.1139/apnm-2013-0434
- 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: 10.1007/s00421-008-0682-1
- 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: <http://dx.doi.org/10.15517/pensarmov.v6i1.369>
- Shirreffs, S. M., Armstrong, L. E., & Cheuvront, S. N. (2004). Fluid and electrolyte needs for preparation and recovery from training and competition. *Journal of Sports Sciences*, 22(1), 57-63. Doi: 10.1080/0264041031000140572
- 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: 10.1055/s-2004-821112



- 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>
- Stapleton, J. M., Wright, H. E., Stephen, G., Hardcastle, S. G., & Kenny, G. P. (2012). Body heat storage during intermittent work in hot–dry and warm–wet environments. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(5), 840-849. Doi: 10.1139/h2012-053
- Tam, N., & Noakes, T. (2013). The quantification of body fluid allostasis during exercise. *Sports Med* 43(12):1289-99. Doi: 10.1007/s40279-013-0089-y
- Thornton, S. (2010). Thirst and hydration: physiology and consequences of dysfunction. *Physiology & Behavior*, 100(1), 15-21. Doi: 10.1016/j.physbeh.2010.02.026
- 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. Retrieved from: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00421-007-0539-z>
- Young, A. J., Sawka, M. N., Epstein, Y., Decristofano, B., & Pandolf, K. B. (1987). Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise. *Journal of Applied Physiology*, 63(3), 1218-1223. Retrieved from: <http://jap.physiology.org/content/63/3/1218.long>