

# La percepción de la sed durante la deshidratación por ejercicio es la misma en un ambiente húmedo y en un ambiente seco.

Catalina Capitán-Jiménez & Luis Fernando Aragón-Vargas.

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

## Resumen

*La sed ha sido un mecanismo para controlar hidratación muy criticado a lo largo del tiempo, confiar la homeostasis del cuerpo durante el ejercicio a un mecanismo subjetivo como la sed es un tema controversial. Este estudio pretende: 1. Comparar las percepciones subjetivas durante el ejercicio en calor (sed, calor) cuando se realiza en dos condiciones ambientales distintas pero con el mismo nivel de estrés térmico y 2. Determinar la asociación existente entre la escala de percepción subjetiva de la sed de Engell y la escala analógica visual con el balance neto de fluidos. 14 participantes realizaron ejercicio sin ingerir líquidos en dos ocasiones distintas (33.8°C, HR53% “calor seco” y 32.1°C, HR67% “calor húmedo”, ambos con un WBGT 28.5°C), intentando alcanzar una deshidratación del 4% de su masa corporal. Cada 30 minutos mientras hacían ejercicio se les midieron las percepciones de sed (con la escala de Engell y la escala analógica), calor, y se incluyeron variables distractoras como el cólico y la llenura. La comparación entre condiciones ambientales no mostró diferencias en el índice de estrés térmico, pero sí para la temperatura y humedad relativa, tal cual se diseñó el estudio. La percepción de sed fue la misma para ambas condiciones con la escala de Engell y la escala analógica ( $p=0.916$  y  $0.409$ , respectivamente), por el contrario entre mediciones donde sí existe una diferencia en ambas condiciones ( $<0.0001$ ). Lo mismo sucede con la percepción de calor, no hay diferencia entre condiciones ( $p=0.423$ ) pero sí entre mediciones ( $p=0.001$ ). Se encontró una asociación baja pero significativa entre el balance neto de fluidos y la percepción de sed con la escala de Engell y la escala analógica ( $R^2=0.36$ ,  $p=0.001$  y  $R^2=0.18$ ,  $p=0.001$ , respectivamente). En conclusión las escalas de percepción de sed son capaces de detectar la deshidratación progresiva, de forma coherente, a más tiempo de ejercicio más deshidratación y más sed. Sin embargo, estas escalas tienen un valor máximo que se alcanza rápidamente, para próximas investigaciones se sugiere probar nuevas escalas que permitan un mayor rango de percepción.*

**Palabras Claves:** estrés térmico, sudoración, percepción de calor



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

La sed ha sido descrita por múltiples autores como “el deseo de tomar” (Leiper, 2013; Thornton, 2010), y ha sido evaluada como una percepción, que puede ser estimulada de diferentes maneras. La deshidratación inducida por el ejercicio provoca una disminución en el volumen del plasma, aumentos en los niveles de angiotensina II en sangre y aumentos en la osmolalidad de la sangre y la orina, todos estos indicadores estimulan la sed; la percepción de sed que tienen las personas cuando están deshidratadas, a su vez, puede ser evaluada.

Sin embargo, hay estudios donde se demuestra que la sed es un pobre indicador del estado agudo de hidratación (Leiper, 2013 Brunstrom & Macrae, 1997; Machado-Moreira, Vimiero-Gomes, Silami-García & Carneiro, 2006) quienes además la reportan como una respuesta tardía a la deshidratación. 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.

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 (Maughan & Shirreffs, 2004); lo que contrario a los ambientes húmedos provoca resequedad en la boca y podría distorsionar la percepción de sed (Ormerod et al., 2003; Mears, Watson & Shirreffs, 2016).

Los instrumentos existentes para evaluar la percepción de sed se limitan a escalas de percepción que como se mencionó anteriormente pueden verse influenciadas por las condiciones ambientales en las que se realice el ejercicio, por lo tanto, este estudio tuvo como objetivos:



1. Comparar las percepciones subjetivas durante el ejercicio en calor (sed, calor) cuando se realiza en dos condiciones ambientales distintas pero con el mismo nivel de estrés térmico.
2. Determinar la asociación existente entre la escala de percepción subjetiva de la sed de Engell y la escala analógica visual con el balance neto de fluidos.

## **Métodos**

Este informe presenta los resultados correspondientes a la fase de deshidratación por ejercicio en el calor. Otro informe presenta lo que sucede durante la ingesta voluntaria de líquido posterior a la deshidratación (Aragón-Vargas y Capitán-Jiménez, 2016)

**Sujetos.** Ocho hombres y seis mujeres, con edades promedio de  $25.8 \pm 7.79$  años y  $26.8 \pm 2.13$  años, respectivamente, consintieron participar en el estudio y firmaron el consentimiento informado aprobado por el Comité Ético Institucional.

Todos los participantes fueron clasificados como físicamente activos (3 veces por semana durante 60 cantidad de tiempo), según las normas del Colegio Americano de Medicina Deportiva, 2011; y no presentaban ningún problema cardiovascular, renal, hepático, ni se encontraban tomando medicación al momento del estudio, ninguno de los participantes reportó haber tenido alguna complicación por calor.

A los participantes se les informó que el objetivo del estudio era estudiar diferentes percepciones cuando se hace ejercicio, razón por la cual se les hizo preguntas sobre calor, cólico, llenura y sed, sin embargo, no se les informó que también se estaban estudiando las escalas de percepción de la sed para evitar un posible sesgo por parte de los participantes.

**Instrumentos.** Para medir el estrés térmico del ambiente se utilizó Monitor Termal Ambiental marca Questemp36 con un rango de error de  $\pm 0.5$  C para temperatura y  $\pm 5\%$  para la humedad. La gravedad específica de la orina (USG



por sus siglas en inglés) se analizó con un refractómetro manual ATAGO modelo URC-Ne, con una capacidad de 1.000 a 1.050.

Para la percepción de sed se utilizaron dos escalas: 1. escala de percepción de la sed de Engell (PSE) (Engell, Maller, Sawka, Francesconi, Drolet, & Young, 1987) y una escala analógica visual (Young, Sawka, Epstein, Decristofano, & Pandolf, 1987) que consistía en una línea continua de 100 mm en cuyo extremo izquierdo se indica *nada sediento* y en el extremo derecho *muy sediento* (percepción de sed línea, PSL); para evaluar la percepción de calor se utilizó la escala de calor (Young et al., 1987). Además, para la sensación de llenura y cólico se hicieron preguntas según la intensidad de 1 a 5 ¿qué tan lleno se siente en este momento? ¿Cuánto cólico siente en este momento? siendo 1 “nada” y 5 “muy, muy”, junto con estas preguntas se le solicitó a los participantes que contaran en orden ascendente de 0 a 40 de 5 en 5 (con la única intención de distraer al participante).

### **Procedimientos.**

Cada participante completó dos sesiones en orden aleatorizado, separadas por una semana: **sesión seca** (SC) y **sesión húmeda** (SH) con el mismo índice de estrés térmico.

**Pre-ejercicio.** Los participantes se presentaron al laboratorio en ayunas (mínimo con 10 horas de ayuno) en dos ocasiones distintas (calor seco y calor húmedo). Se les solicitó una muestra de orina para evaluar el estado inicial de hidratación; con el objetivo de garantizar que los participantes iniciaran los tratamientos con una buena hidratación. Se estableció el punto de corte de 1.020 para la gravedad específica de la orina (Armstrong, 2007). Se les tomó el peso corporal desnudos y secos para determinar el peso inicial.

Ingerieron un desayuno estandarizado (376 kcal: 11% FAT, 14.5% PRO y 74% CHO), el cual incluyó 200 mL de líquido y aprox. 876mg sodio; treinta minutos después de ingerido el desayuno se tomó el peso pre-ejercicio y las percepciones de sed, calor, cólico y llenura inicial; 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.**

Se realizó ejercicio intermitente al 65% FCmax, en bicicleta estacionaria durante 2 horas. El ejercicio se realizó en lapsos de 30 minutos con 5 minutos de descanso que se utilizaron para realizar los pesajes de monitoreo para la pérdida de peso, todo esto en una cámara de clima controlado según la sesión correspondiente.

### **Percepciones**

Cada 30 minutos se evaluaron las distintas percepciones a estudiar, para sed se utilizó la escala de percepción de la sed de Engell (Engell, Maller, Sawka, Francesconi, Drolet, & Young, 1987); para evaluar la percepción de calor se utilizó la escala de Young, Sawka, Epstein, Decristofano, & Pandolf, (1987). Además, la sensación de llenura y cólico se evaluaron según la intensidad de 1 “nada” a 5 “muy, muy” (estas preguntas tenían un fin distractor).

A los participantes se les pasaron todas las escalas de forma consecutiva; además de las escalas se les pidió que contaran en orden ascendente desde 0 hasta 40 de 5 en múltiplos de 5; la intención de este ejercicio mental fue crear distracción de variable a estudiar; las preguntas sobre las percepciones fue aleatorizado para cada punto y para cada participante. Todo esto se evaluó después de 10 minutos de iniciado cada lapso de ejercicio hasta que se alcanzó la deshidratación preestablecida.

### **Análisis estadístico.**

Se realizó la estadística descriptiva (promedios y desviación estándar). Se compararon las condiciones en que los participantes iniciaron cada sesión (peso, gravedad específica de la orina, percepción de sed, percepción de calor y llenura) con “*t-student*”. También se compararon las temperaturas de bulbo seco, las



humedades relativas y TGBH ambientales registradas durante el ejercicio con pruebas “*t-student*”. Para determinar si la percepción de la sed y calor fueron distintas a través del tiempo y entre sesiones se realizaron 2 análisis de varianza de dos vías (2 ambientes x 6 mediciones). Para analizar si el balance neto de fluidos y la percepción de sed fueron distintos entre sí se realizó un análisis de varianza, además se realizó correlación para establecer la asociación entre el balance neto de fluidos y la percepción de la sed.

Finalmente, se realizaron dos regresiones para valorar la fuerza de la asociación entre cada escala de sed y el balance neto de fluidos. Todos los análisis se realizaron con el paquete estadístico JMP versión 7.

## Resultados.

En la tabla 1 se presentan los valores iniciales de cada una de las variables analizadas en cada sesión.

Tabla 1. Valores iniciales de cada sesión para cada una de las variables estudiadas.

| <b>Variable/Condición</b> | <b>Sesión seca</b> | <b>Sesión húmeda</b> | <b>p=</b> |
|---------------------------|--------------------|----------------------|-----------|
| Peso (kg)                 | 72.19±18.49        | 71.91±18.32          | 0.17      |
| Gravedad específica (USG) | 1.017±0.006        | 1.017±0.006          | 0.77      |
| PSE (u.a)                 | 3.4±2.2            | 3.6±2.1              | 0.69      |
| PSL (mm)                  | 32.1±28.5          | 40.5±29.6            | 0.35      |
| Calor (u.a)               | 3.6±0.9            | 4±1.1                | 0.22      |

*Promedio ± desviación estándar*

Las condiciones ambientales fueron significativamente distintas entre sí: temperatura ambiental = 33.7±0.1°C y 31.8±0.3°C para el calor seco y el calor húmedo, respectivamente, p<0.0001; humedad relativa = 52.1±1.2% y 64.1±1.7% para el calor seco y calor húmedo, respectivamente, p<0.0001; sin embargo, el TGBH no fue diferente entre condiciones (TGBH = 28.4±0.2°C y 28.0±0.1°C, respectivamente, p=0.05). De este modo, se cumplió con el objetivo de mantener



condiciones ambientales distintas pero con el mismo índice de estrés térmico. No se encontró diferencia estadísticamente significativa en las variables estudiadas previas a iniciar el ejercicio, lo que indica que en ambas sesiones iniciaron en las mismas condiciones (tabla 2).

*Tabla 2. Valores preejercicio de cada sesión para cada una de las variables estudiadas*

| <b>Variable/Sesión</b>           | <b>Sesión seca</b>  | <b>Sesión húmeda</b> | <b>p=</b>    |
|----------------------------------|---------------------|----------------------|--------------|
| <i>Peso (kg)</i>                 | <i>72.5 ±18.52</i>  | <i>72.26 ± 18.32</i> | <i>0.185</i> |
| <i>Gravedad específica (USG)</i> | <i>1.017± 0.005</i> | <i>1.017 ± 0.005</i> | <i>0.77</i>  |
| <i>PSE(u.a)</i>                  | <i>2.64 ± 1.9</i>   | <i>2.35 ± 1.33</i>   | <i>0.39</i>  |
| <i>PSL (mm)</i>                  | <i>16.29±15.35</i>  | <i>24.86±21.50</i>   | <i>0.34</i>  |
| <i>Calor (u.a)</i>               | <i>3.64 ± 0.9</i>   | <i>4.0 ± 1.0</i>     | <i>0.22</i>  |

*Promedio ± desviación estándar*

**Pérdida de peso.** Los participantes perdieron  $2.23 \pm 0.78$  kg equivalente a  $3.03 \pm 0.46\%$  MC en la sesión seca y  $2.19 \pm 0.85$  kg equivalente a  $3.0 \pm 0.63\%$  MC en la sesión húmeda, la deshidratación alcanzada en cada sesión fue el mismo ( $t= 0.313$ ,  $p=0.759$ ). En el gráfico 1 se puede observar la pérdida progresiva de peso durante el ejercicio, la cual fue muy similar entre condiciones. Debido a que la deshidratación es un proceso distinto en cada persona, en el gráfico 1 se muestra el  $n$  para cada punto de medición, estos valores son válidos para todos los gráficos a partir de aquí.



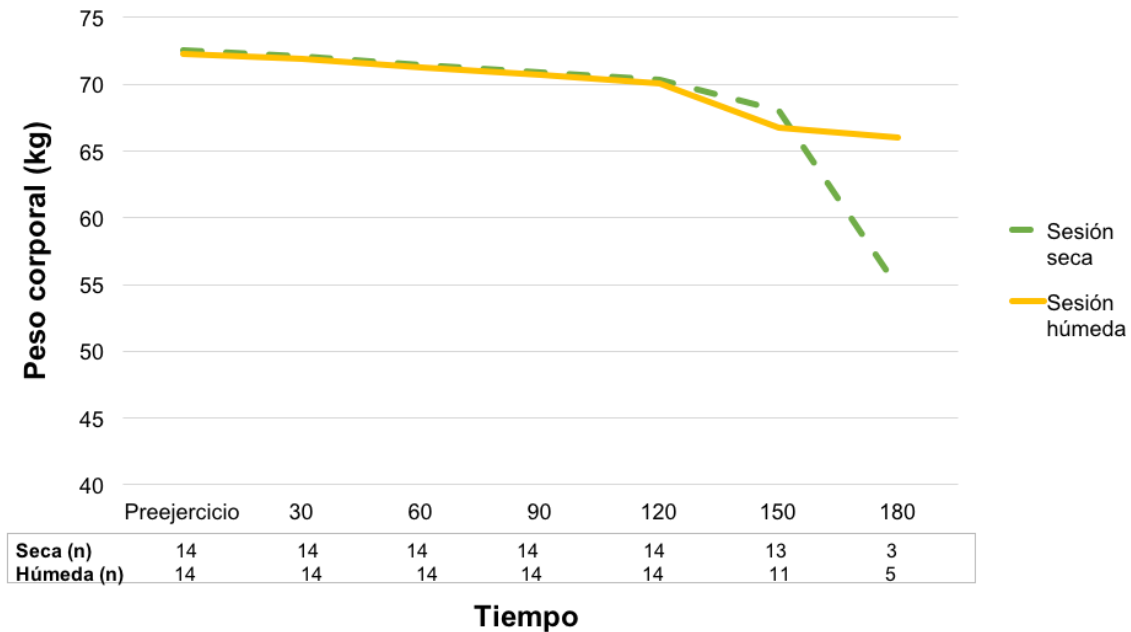


Gráfico 1. Pérdida de peso corporal durante el ejercicio en ambas condiciones ( $p=0.759$ )

### Percepción de la sed vs. tiempo

La percepción de sed con la escala de Engell fue diferente a través del tiempo ( $p<0.0001$ ) en ambas condiciones; el análisis post-hoc mostró que hasta los 100 minutos todos los tiempos fueron distintos entre sí ( $p = 0.009$ ). Sin embargo, entre condiciones no se encontraron diferencias significativas ( $p=0.916$ ), tampoco se encontró interacción entre las condiciones y los tiempos de medición ( $p=0.389$ ) tal y como se muestra en el gráfico 2, la respuesta de sed en ambas condiciones fue muy similar.





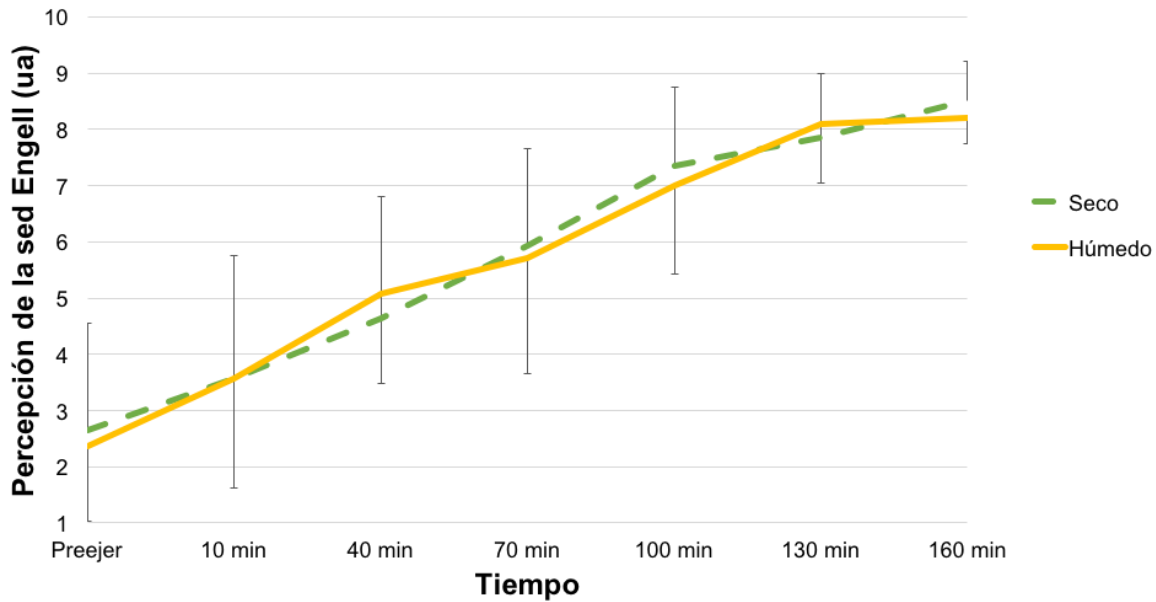


Gráfico 2. Percepción de sed según Engell a través del tiempo en las diferentes condiciones.

La percepción de sed con la escala analógica fue diferente a través del tiempo ( $p < 0.0001$ ) en ambas condiciones; el análisis post-hoc mostró que desde los 10 min hasta los 100 minutos todos los tiempos fueron distintos entre sí ( $p = 0.001$ ). Sin embargo, entre condiciones no se encontraron diferencias significativas ( $p = 0.409$ ), tampoco se encontró interacción entre las condiciones y los tiempos de medición ( $p = 0.393$ ) tal y como se muestra en el gráfico 3, la respuesta de sed en ambas condiciones fue muy similar, a más tiempo de ejercicio más presencia de sed.



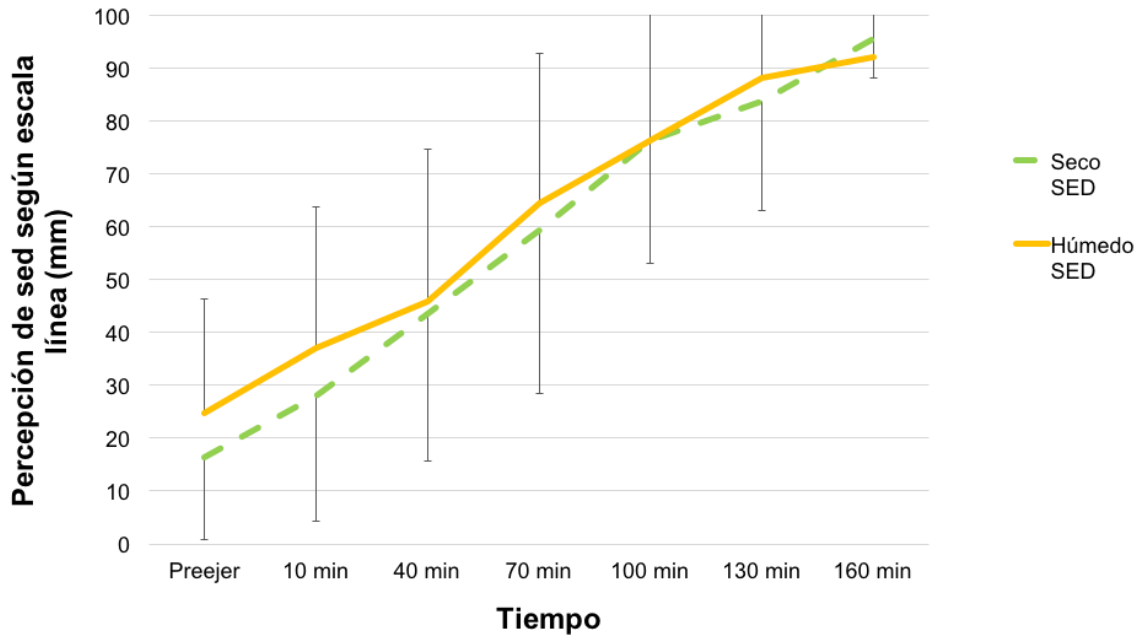


Gráfico 3. Percepción de sed según escala analógica a través del tiempo en las diferentes condiciones.

### Percepción de calor vs. tiempo

No se encontraron diferencias significativas entre condiciones ( $p=0.423$ ) en la percepción de calor de los participantes se encontraron diferencias significativas entre mediciones ( $p=0.001$ ); el análisis post-hoc indica que todos los tiempos fueron distintos entre sí hasta el minuto 100. Sin embargo, no se encontró interacción significativa ( $p=0.300$ ).



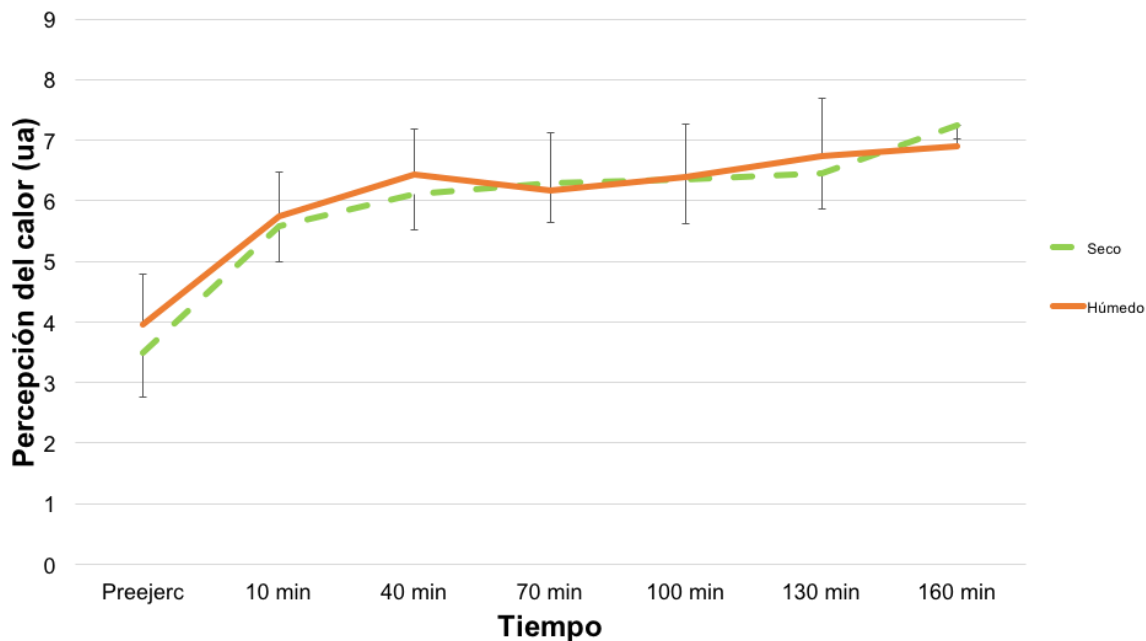


Gráfico 4. Percepción de calor a través del tiempo en las diferentes condiciones.

### Balance neto de fluidos vs. percepción de la sed

Al comparar el balance neto de fluidos no se encontraron diferencias significativas entre sesiones ( $p=0,140$ ), tampoco se encontraron diferencias 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  $R^2_a= 0.70$  ( $p = 0.001$ ) (gráficos 5 y 6).



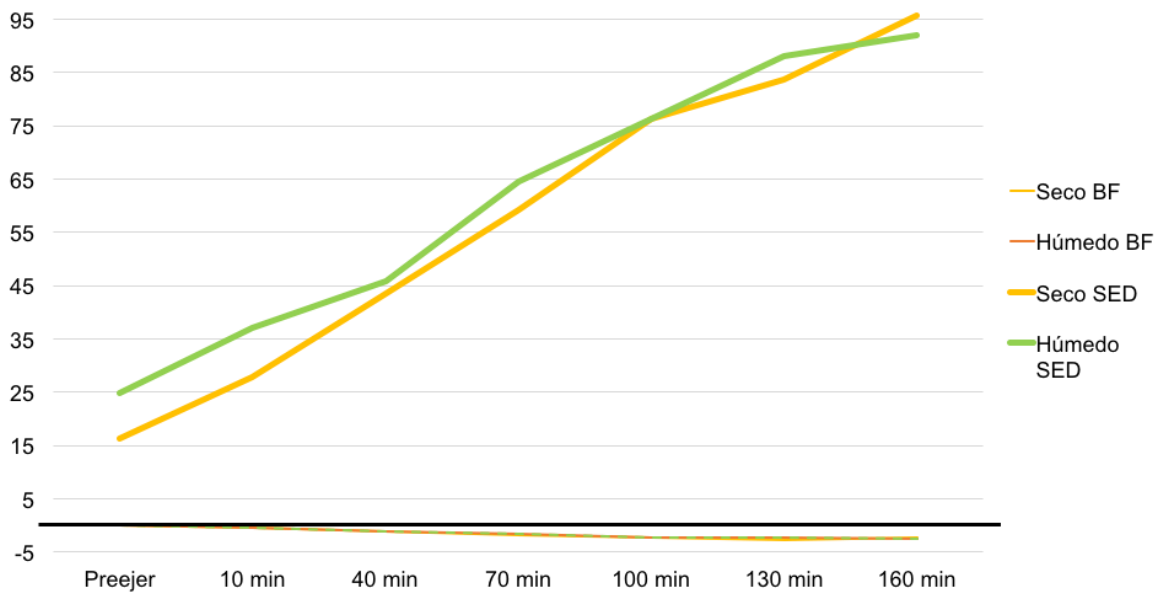


Gráfico 5. Balance neto de fluidos y percepción de sed según la escala analógica en las diferentes condiciones.

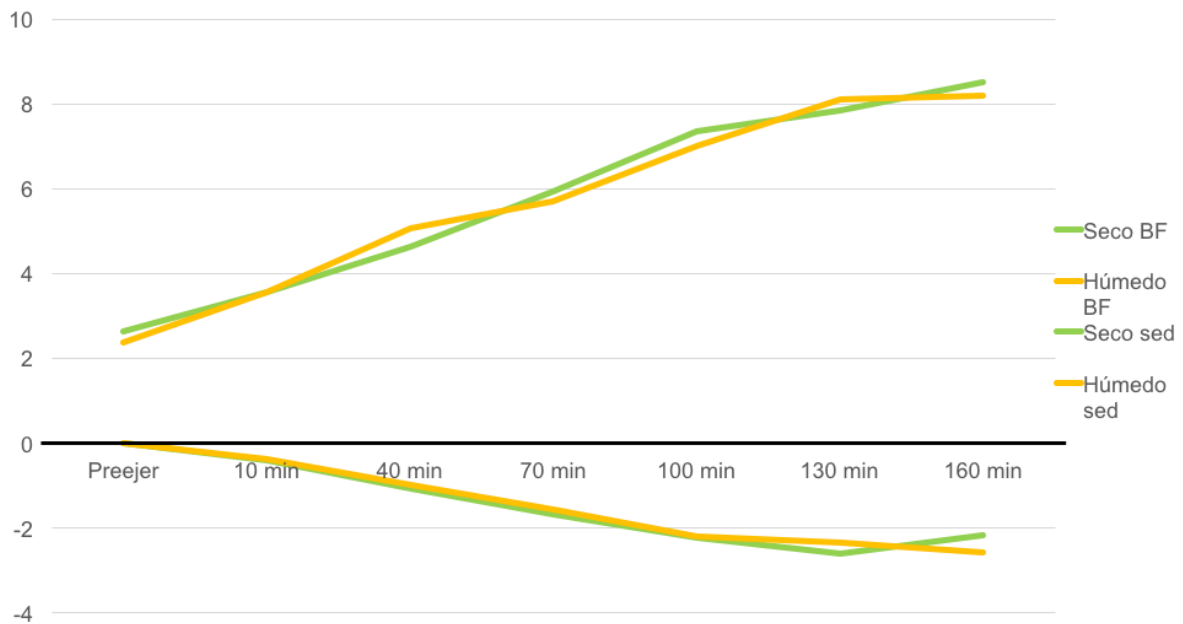


Gráfico 6. Balance neto de fluidos y percepción de sed según la de Engell en las diferentes condiciones.



Se encontró una asociación baja pero significativa entre el balance neto de fluidos y la escala de Engell de  $R^2= 0.36$  ( $p = 0.001$ ) en la sesión seca, esta misma asociación se encontró en la sesión húmeda ( $R^2= 0.17$ ,  $p = 0.001$ ) además se encontró una asociación baja pero significativa entre el balance neto de fluidos y la escala análoga visual sesión seca ( $R^2= 0.18$ ,  $p = 0.001$ ) y sesión húmeda( $R^2= 0.12$ ,  $p = 0.001$ ).

### **Discusión.**

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). Este efecto se presentó de igual forma en las diferentes condiciones (seco- húmedo) con el mismo nivel de estrés térmico. La sed es conocida como un potente recordatorio de consumo de líquido (Kavouras, 2013), considerado por algunos como poco efectivo durante el ejercicio pues se considera insuficiente para reponer las pérdidas de líquido (Machado-Moreira, Vimiero-Gomes, & Silami-García, 2006; Leiper, 2013 & Armstrong, et al, 2014, Capitán-Jiménez & Aragón-Vargas, 2014).

Los resultados de esta investigación muestran que la sed es capaz de detectar la intensidad de la deshidratación progresiva al realizar ejercicio, esto no concuerda con algunas investigaciones previas en las cuales se menciona a la sed como un mecanismo ineficiente y tardío para detectar deshidratación (Leiper, 2013 Brunstrom & Macrae, 1997; Machado-Moreira, Vimiero-Gomes, Silami-García & Carneiro, 2006). Los autores suponen que estos resultados son distintos debido a las condiciones del experimento, en las investigaciones donde la sed es la variable de estudio se han enfocado en determinar si la percepción de sed puede reponer los líquido perdidos por sudoración (Armstrong, y otros, 2014; Machado-Moreira, Vimiero-Gomes, & Silami-García, 2006; Maughan & Shirreffs, 2004); por otro lado, en esta investigación la variable sed se estudió durante el ejercicio con la intención



de analizar si este mecanismo podía identificar el nivel de deshidratación a través del tiempo.

Una de las diferencias más importantes de esta investigación es que a los participantes no se les permitió ingerir líquido durante el ejercicio, esto 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, y otros, 2014; Machado-Moreira, Vimiero-Gomes, & Silami-García, 2006).

La percepción de calor fue evaluada al mismo tiempo que la percepción de la sed en ambas condiciones, y aunque se esperaba que la percepción de calor fuera más alta en la condición más húmeda debido a la dificultad del cuerpo para evaporar el sudor en ambiente húmedos, esto no fue así, la percepción del calor fue la misma, es probable que la razón sea porque se mantuvo el mismo nivel de estrés térmico, Stapleton, Wright, 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.

El segundo objetivo de la investigación fue determinar la asociación existente entre la escala de percepción subjetiva de la sed de Engell y la escala analógica visual con el balance neto de fluidos; esta asociación fue baja para ambas escalas pero significativa, esto indica que ambas escalas tienen asociaciones similares pero dificultades distintas a la hora de analizar los resultados. Al brindar resultados similares, los autores proponen utilizar la escala de Engell pues es más fácil de entender por parte de los participantes, y de analizar por parte de los investigadores.



En conclusión, cuando se realiza ejercicio sin ingerir líquido, ya sea en ambientes húmedos y calientes o secos y calientes, pero con el mismo nivel de estrés térmico, la percepción de la sed es capaz de detectar la deshidratación progresiva.

### **Agradecimientos.**

Este estudio fue realizado en el marco de los proyectos VI-245-B0-315 y VI-838-B4-309 patrocinados por la Universidad de Costa Rica y Florida Ice and Farm de Costa Rica.

### **Referencias.**

- Aragón-Vargas, L.F. y Capitán-Jiménez, C. (2016). Percepción de sed e ingesta de líquido después del ejercicio en el calor. Informe de investigación sin publicar. *Repositorio institucional Kérwá*, Universidad de Costa Rica.
- Armstrong, L. (2007). Assessing hydration status: The elusive gold standard. *Journal of the American College of Nutrition* , 26 (5), 575S-584S.
- Armstrong, L., Johnson, E., Kunces, L., Ganio, M., Judelson, D., Kupchak, B., et al. (2014). Drinking to thirst vrs drinking Ad Libitum during road cycling. *Journal of Athletic Training* , 49 (3), 000-000.
- 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.
- Capitán-Jiménez, C., & Aragón-Vargas, LF. (2014). Thirst sensitivity to post-exercise fluid replacement needs and controlled drinking. (Pre-print) *Repositorio Kérwá*, Universidad de Costa Rica. <http://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/11048>
- Engell, D., Maller, O., Sawka, M., Francesconi, R., Drolet, L., & Young, A. (1987). Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiology & Behavior*, 40, 229-236.
- Erwing, C.; Blissmer, B.; Deschenes, M.; Franklin, B.; Lamonte, M. Min Lee, I.; Nieman, D & Swain, D. (2011). Cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. Position Stand. DOI: 10.1249/MSS.0b013e318213febf
- Igbokwe, V., & Obika, L. (2008). Thirst perception and dryness of mouth in healthy young adults Nigerian. *African Journal of Biomedical Research* , 11 (39), 39-46.
- Kavouras, S. (2013). Thirst survival instinct or sensitive fluid balance homeostatic mechanism? . *Nutrition Today* , 48 (4S), S7-S9.



- Leiper, J. (2013). Thirst Physiology. *Encyclopedia of Human Nutrition* , 4, 280-287.
- Machado-Moreira, C., Vimiero-Gomes, A., & Silami-García, E. &. (2006). Exercise fluid replacement: is thirst enough? *Rev Bras Med Esporte* , 12 (6).
- Maughan, R., & Shirreffs, S. (2004). Exercise in the heat: challenges and opportunities. *Journal of Sports Sciences* , 22, 917-927.
- Mears, S.; Watson, P. & Shirreffs, S. (2016). Thirst responses following high intensity intermittent exercise when access to *ad libitum* water intake was permitted, not permitted or delayed. *Physiology & Behavior*, 157 (47-54).
- Noakes, T. (2010). Is drinking to thirst optimum? *Ann Nutri Metab* , 12 (Suppl), 9-17.
- Ormerod, J.; Elliot, T.; Scheett, T.; VanHeest,J.; Armstrong,L. & Maresh,C. (2003). Drinking behavior and perception of thirst in untrained women during 6 weeks of heat acclimatization and outdoor training. *International Journal of Sports Nutrition and Exercise Metabolism*. 13: 15-28
- Tam, N., & Noakes, T. (2013). The quantification of body fluid allostasis during exercise. *Sports Med* .
- Thornton, S. (2010). Thirst and hydration: Physiology and consequences of dysfunction. *Physiology & Behavior* , 100, 15-21.
- Young, A., Sawka, M., Epstein, Y., Decristofano, B., & Pandolf, K. (1987). Cooling different body surfaces during upper and lower exercise. *Journal of Applied Physiology* , 63, 1218-1223.

