REHIDRATACIÓN POST-EJERCICIO: BEBIDAS CON ALTO CONTENIDO DE POTASIO VS. AGUA Y UNA BEBIDA DEPORTIVA

Alexandra Pérez Idárraga, M.Sc. y Luis Fernando Aragón Vargas, Ph.D., FACSM
Laboratorio de Ciencias del Movimiento Humano, Universidad de Costa Rica

RESUMEN

Propósito: evaluar la efectividad, tolerancia y aceptación de dos bebidas ricas en potasio, comparadas con una bebida deportiva y agua, durante la rehidratación post-ejercicio. ***Metodología***: en cuatro días diferentes, separados entre sí por una semana, 12 voluntarios (10 hombres y 2 mujeres), físicamente activos, con 24.4±3.2 años, 74.75±11.36 kg de masa corporal (promedio±D.E), fueron deshidratados al 2.01%±0.24 de la masa corporal, mediante ejercicio en un laboratorio de clima controlado (32.01±0.41 ºC bs, 53.83±5.15% hr). Cada día ellos fueron rehidratados con una de cuatro bebidas, en orden aleatorio: agua de coco (AC), agua comercial embotellada (AE), una bebida deportiva (BD) o una bebida modificada (BM), utilizando un volumen equivalente al 120% del peso perdido durante el ejercicio, distribuido en 4 porciones iguales consumidas cada 15 minutos. Antes del ejercicio, durante la rehidratación y al final de la sesión se interrogó sobre la percepción de sed, náuseas, llenura, dolor de estómago y urgencia de defecación. Se evaluó además el agrado del sabor, el nivel de dulzura y aceptación general de la bebida, antes del ejercicio y después de cada porción. Posteriormente, los participantes fueron monitoreados por 3 horas, recolectando orina cada 30 minutos. ***Resultados***: los volúmenes de orina fueron mayores ($p<0.05$) con AE (894±178 mL), que con BD (605±297 mL) y BM (599±254 mL). Por su parte AC (686 ±250 mL), no fue diferente a las demás bebidas ($p>.05$). La única bebida que fue superior a la AE en el porcentaje de conservación de líquido fue la BD (51.3±% vs. 68.2±% respectivamente, $p=.013$), ya que al comparar el AC y BM (62.54±15% vs. 65.89±15% respectivamente) con el agua no se hallaron diferencias ($p>.05$). Ninguna de las bebidas logró la recuperación del peso perdido durante el ejercicio, pero AE produjo un mayor déficit ($p=.001$) al compararla con BD. No hubo interacción entre las bebidas y el tiempo sobre las percepciones de tolerancia y aceptación medidas en diferentes momentos ($p>.05$). ***Conclusiones***: ni el agua de coco, ni la bebida modificada, ambas con alto contenido de potasio, pudieron superar los resultados encontrados con la bebida deportiva. Esto demuestra que el potasio en altas concentraciones no produce ventajas adicionales en el proceso de rehidratación, comparado con las ya obtenidas por una bebida que contiene sodio, incluso cuando los dos electrolitos se encuentran juntos en la misma bebida.

Palabras clave: recuperación, hidratación, deshidratación, ejercicio, agua de pipa.

REHYDRATION POST-EXERCISE: DRINKS RICH IN POTASSIUM VS. WATER AND SPORTS DRINK

Alexandra Pérez-Idárraga, M.Sc. & Luis Fernando Aragón-Vargas, Ph.D., FACSM
Human Movement Science Laboratory, University of Costa Rica

ABSTRACT

Purpose: To evaluate effectiveness, tolerance and acceptance of two drinks rich in potassium, compared with a sports drinks and bottled water during post-exercise rehydration. ***Methodology***: On four different days, one week apart, 12 healthy students, female (2) and male (10), physically active, young (24.4±3.2 years old) 74.75±11.36 kg of body mass (mean±S.D) students were dehydrated to 2.01±0.24% body mass by exercising in a climate-controlled laboratory (32.01±0.41 ºC dry bulb, 53.83±5.15% rh). Each day they were rehydrated with one of four beverages, in random order: fresh coconut water (CW), bottled water (BW), a sports drink (SD) and sports drink rich in potassium (SDK^+) using a volume equivalent to 120% of weight lost during exercise, distributed in 4 equal aliquots, one every 15 minutes. After exercise, after rehydration, before drinking each volume and at the end of the session participants were asked about perception of thirst, nausea, fullness, stomach ache, and urge to defecate; after exercise and after completing each volume, they reported the level of satisfaction of flavor and sweetness, and general acceptability of the drink. Participants were then monitored for three hours, collecting urine every 30 minutes. Comparisons were made with repeated-measures ANOVAs for fluid retention, total urine, and partial times subjective measures and urine production. ***Results***: Urine volumes were higher ($p<0.05$) for BW (894±178 mL) than SD (605±297 mL) and SDK^+ (599±254 mL). On the other hand CW (686 ±250 mL) was not significantly different from the other beverages (p>0.05). The only beverage that was better than BW from the percentage of fluid retained was SD (51.3±% vs. 68.2±% respectively, $p=.013$), because the comparison between AC y SDK^+ (62.54±15% vs. 65.89±15% respectively) with BW did not show significant differences ($p>.05$). None of the drinks maintained recovery of weight lost during exercise, but BW produced a greater deficit of fluids when that was compared with SD. There was no interaction between beverages and time over tolerance perceptions or acceptability of beverages evaluated in different moments ($p>.05$). ***Conclusions***: neither CW nor SD, both with high concentrations of potassium, were able to overcome the results found for SD. This shows that potassium in high quantity in some beverages does not produce additional benefits in the rehydration process when these are compared to a SD with sodium, even when both electrolytes are together in the same beverage.

Key words: recovery, hydration, dehydration, exercise, urine elimination

INTRODUCCIÓN

A pesar del gran número de investigaciones que respalda la importancia de una adecuada hidratación antes, durante y después del ejercicio para mantener la salud y el rendimiento físico (Sawka, Burke, Eichner, Maughan, Montain & Stachenfeld, 2007; Del Coso, Estevez, Baquero & Mora-Rodríguez, 2008), muchos deportistas inician las prácticas con un estado de hipohidratación, al cual se le suma una ingesta insuficiente de líquido durante el ejercicio y altas tasas de sudoración que conducen a un déficit constante de fluidos corporales (Osterberg, Horswill & Baker, 2009; Volpe, Poule & Bland, 2009), de manera que al terminar el ejercicio algunos atletas se encuentran deshidratados (Noakes & Martin, 2002; Shirreffs, Armstrong & Cheuvront, 2004). Se sabe que en muchos casos el consumo inadecuado de líquido se debe a que los deportistas no hacen una correcta estimación de sus necesidades de líquido y subestiman el sudor que pierden durante el ejercicio (Passe, Horn, Stofan, Horswill & Murray, 2007).

En tales condiciones, el proceso de rehidratación se convierte en una etapa fundamental para que los atletas logren compensar las pérdidas y no continúe el círculo vicioso de comenzar el ejercicio deshidratados y finalizar deshidratados. La meta en esta etapa es reponer cualquier déficit de líquido y electrolitos. Si el tiempo de recuperación y las oportunidades lo permiten, el consumo de alimentos (con un poco más de sal) y bebidas de la dieta puede ser suficiente para recuperar el estado de euhidratación. Sin embargo, si el tiempo para recuperarse es inferior a 12 horas, antes del próximo entrenamiento o competencia, se requieren estrategias más agresivas de rehidratación (Sawka et al., 2007)

Se sabe que las bebidas deportivas por su contenido principalmente de sodio, son una alternativa efectiva no solo porque ayudan a compensar las pérdidas de agua y electrolitos a través del sudor, disminuyendo los cambios en la masa corporal (Shirreffs & Maughan, 1998; Shirreffs, Aragon-Vargas, Keil, Love & Phillips, 2007; Passe, Stofan, Rowe, Horswill & Murray, 2009) sino también porque estimulan el consumo voluntario de líquido, aspecto que contribuye al éxito de la rehidratación (Wilmore, Morton, Gilbey & Wood, 1998; Sun, Chia, Aziz & Tan, 2008).

El sodio es el electrolito que más se pierde a través del sudor (42.5 mEq/L) y el potasio se pierde en cantidades muy pequeñas (4.2 mEq/L), equivalentes a una décima

parte de las pérdidas de sodio (Maughan, Shirreffs, Merson & Horswill, 2005); sin embargo se cree que el potasio podría jugar un papel importante durante la rehidratación, ya que al ser el principal catión intracelular, puede contribuir a restablecer de una forma específica y selectiva el volumen de dicho compartimento (Casa, Clarkson, & Roberts, 2005).

De hecho, Maughan, Owen, Shirreffs y Leiper (1994) encontraron que una solución con potasio podría ser tan efectiva para la rehidratación como una solución con sodio, al compararlas con bebidas sin electrolitos. En este estudio, encontraron que la mezcla de ambas no producía beneficios adicionales. Por otra parte, en algunos estudios realizados con agua de coco, considerada una bebida naturalmente rica en potasio, se ha encontrado que ésta puede ser tan efectiva como una bebida deportiva y superior al agua para la rehidratación después del ejercicio (Ismail, Singh & Sirisinghe, 2007; Pérez-Idárraga y Aragón, 2010). Sin embargo en otras investigaciones no se han detectado diferencias entre el agua, la bebida deportiva y el agua de coco (Saat, Singh, Sirisinghe & Nawawi 2002).

Yakata (1990) realizó estudios en ratas comparando la efectividad en la rehidratación del uso de una solución con NaCl y otra con KCl, encontrando que la sal de potasio no lograba ser tan efectiva como la sal de sodio y que conducía a una rehidratación un poco más lenta. De cualquier manera, son pocos los estudios donde han utilizado bebidas con alto contenido de potasio para la rehidratación, comparados con los que han usado soluciones con sodio, por lo cual algunos investigadores han sugerido realizar más investigación, con el fin de tener más evidencia que permita apoyar o rechazar el uso de bebidas con mayor contenido de potasio (Shirreffs, 2001; Shirreffs, Armstrong & Cheuvront, 2004), bien sea aquellas que tiene solamente alto contenido de potasio o las que tienen potasio y otros electrolitos.

Por lo tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la efectividad, con respecto a la conservación del líquido en el cuerpo, al comparar una bebida deportiva con agua y dos bebidas con alto contenido de potasio, una de ellas como fuente natural (agua de coco) y la otra como una formulación (bebida modifica), en donde se buscó mantener el sodio de la bebida deportiva y cantidades de potasio cercanas a las encontradas en el agua de coco, según estudios previos (Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas, 2010).

METODOLOGÍA

Participantes: 12 voluntarios sanos (10 hombres y 2 mujeres), de 24.4±3.2 años, 74.75±11.36 kg de masa corporal y 1.73±0.06 m de estatura (promedio±D.E), físicamente activos, quienes firmaron un consentimiento informado, previamente aprobado por el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica, llenaron un cuestionario con información de salud y recibieron indicaciones por escrito para su participación.

Instrumentos*:* El ejercicio para lograr la deshidratación se realizó dentro de un cuarto de ambiente controlado, (32.01±0.41 ºC bulbo seco, 53.83±5.15 % humedad relativa). Los participantes realizaron ejercicio en una banda rodante *Sports Art*®3250 y en cicloergómetros *Monark*® 818c. Se controló la intensidad del ejercicio con un monitor de frecuencia cardíaca *Polar*® S120. Los participantes debían mantener una intensidad moderada de ejercicio equivalente al 80-85% de la frecuencia cardiaca máxima, calculada según la fórmula propuesta por Gellish, Goslin, Olson, McDonald, Russi y Moudgil, (2007): 207-(0.7 x edad en años). Para tomar el peso de los participantes se utilizó una báscula *Ballar*® Modelo DSB921, con una capacidad máxima de 250 kg y una sensibilidad de 10 g. La orina fue recolectada en recipientes de plástico, debidamente marcados para cada participante. Tanto las bebidas suministradas como la orina fueron pesadas en una báscula *Marca DHAUS*® Modelo CS-2000 con una capacidad de 2000 g y sensibilidad de 1 g. Adicionalmente se midió la gravedad específica de la orina (USG, por sus siglas en inglés) con un refractómetro *Hand-Held ATAGO*® modelo URC-NE con una escala de 1.000 hasta 1.050. Se fijó el estado de euhidratación con una USG ≤ 1.020 de la primera orina de la mañana (Casa, et al., 2005; Sawka, et al., 2007).

Las bebidas utilizadas en el estudio (*Tabla 1*) fueron: agua comercial embotellada marca Cristal® (AE), agua de coco (AC) del fruto inmaduro verde sin segmentos de la pulpa o endospermo (denominada agua de pipa en Costa Rica) que fue extraída semanalmente de un promedio de 25 a 30 cocos, embotellada y refrigerada siguiendo algunas recomendaciones de la FAO (Rolle, 2007), una bebida deportiva (BD) y una bebida modificada (BM) rica en potasio, elaboradas en los Laboratorios del Gatorade Sport Science Institute®. Los participantes no tenían conocimiento en su momento de cuál bebida

estaban consumiendo. El contenido de sólidos totales se monitoreó usando un refractómetro de grados Brix, con una escala entre los 0 y los 18º y una sensibilidad de 0.1º. Se buscó mantener los grados Brix de la mezcla entre 4.6 y 5.6, de manera que los carbohidratos y electrolitos pudieran estar cerca a lo esperado (~4±2% de carbohidratos y ~50±5 mEq/L de potasio).

La temperatura a la cual se suministraron las bebidas fue de 9±2ºC y la temperatura del laboratorio durante la rehidratación fue de 26.3±1.8 ºC y % hr 53.1±4.0%.

Para evaluar las sensaciones percibidas de tolerancia y aceptación se utilizó una escala hedónica híbrida, la cual se ha visto que comparada con la escala hedónica de 9 puntos y la no estructurada puede tener un mejor poder discriminatorio y es más fácil de utilizar incluso en personas no entrenadas (Villanueva, Petenate & Da Silva, 2005). Esta consiste en una línea horizontal de 10 cm, con pequeños puntos en cada cm e indicaciones en texto, en donde cero (0) indica ausencia de la sensación y 10 una sensación extrema. En la escala de aceptación el valor cero (0) correspondía a desagrado extremo y diez (10) el mayor agrado de la característica.

Tabla 1. *Composición de las bebidas utilizadas*

Componente	Agua Embotellada	Agua de Coco	Bebida Deportiva	Bebida Modificada
Sodio (mEq/L)	0.5±0.0	4.8±1.3	17.9±0.2	17.5±0.2
Potasio (mEq/L)	0.2±0.0	71.1±22.5	4.0±0.0	50.2±0.2
Cloruro (mEq/L)	0.5±0.0	31.1±5.6	22.5±0.2	32.4±0.2
Carbohidratos (%)	0.0	4.5±1.1	4.0±0.0	4.0±0.1
Azúcares reductores (%)*	No detectables	3.9±0.9	4.0±0.0	4.0±0.1
Sacarosa (%)	No detectable	0.5±0.2	No detectable	No detectable
pH	7.0±0.0	4.7±0.5	2.7±0.1	4.04±0.21
Grados Brix	0.0	5.9±0.5	4.3±0.0	4.95±0.01

*Azúcares reductores: fructosa y glucosa. La metodología de análisis de las bebidas fue AOAC 2005. Absorción atómica en llama.

Procedimiento: los participantes recibieron indicaciones de preparación para cada sesión. Ellos debían registrar todos los alimentos y bebidas cada día previo a su asistencia al laboratorio; se les estimuló a tratar de seguir la misma dieta los días previos de cada sesión. Se les sugirió tomar 5 vasos de agua extra el día anterior, evitando el consumo de bebidas alcohólicas, cafeinadas (energizantes, café, té, gaseosas) o muy dulces que pudieran entorpecer el proceso de hidratación. Se prohibió el uso de diuréticos y laxantes o

antihistamínicos. Se les pidió que se abstuvieran de practicar ejercicio extenuante 24 horas antes de cada sesión. Todo esto para aumentar la probabilidad de que llegaran bien hidratados. Cada participante asistió al laboratorio en cuatro ocasiones diferentes, separadas entre sí por una semana. En cada sesión ingirió una bebida distinta; el orden de las bebidas fue asignado en forma aleatoria. Para cada sesión (*Figura 1*) llegaron con un ayuno previo de al menos 10 horas al laboratorio, y suministraron la primera orina de la mañana, para evaluar gravedad específica y dar una idea aproximada del estado de hidratación en el que llegaban al estudio, de allí se les suministró a todos un desayuno estandarizado que aportó en promedio 750 Kcal. Este desayuno fue el único alimento que recibieron hasta el final del experimento. Después de consumirlo esperaron aproximadamente una hora antes de iniciar el ejercicio, momento en el cual se midió la masa corporal (en kg, hasta el decagramo más cercano) de los participantes (Peso Inicial). La masa corporal (MC) también se midió después del ejercicio (Peso Post-ejercicio), después de la rehidratación (Peso post-rehidratación) y al final de la recolección de las muestras de orina (Peso Final).

Luego, los participantes realizaron ejercicio intermitente en el calor, alternando entre banda rodante y cicloergómetro (10 minutos en cada máquina) y descansando cada 20 minutos durante 5 minutos, momento en el cual fueron pesados. El ejercicio continuó hasta que cada persona alcanzó una deshidratación cercana al 2% del peso inicial. Para continuar, los participantes se ducharon y evacuaron completamente la vejiga y fueron pesados de nuevo (Peso Post-ejercicio).

A continuación, se calculó el volumen total de líquido que cada persona debería ingerir para su rehidratación como el equivalente en mL al 120% del Peso Perdido (que era el Peso Inicial menos el Peso Post-ejercicio). El volumen total se dividió en 4 porciones iguales y cada porción se ingirió en 15 minutos.

Los participantes evaluaron las sensaciones percibidas de sed, náuseas, dolor de estómago, llenura y urgencia de defecación en 7 ocasiones: antes del ejercicio, antes de la rehidratación, después de cada porción (durante la rehidratación) y al final de la sesión. También evaluaron la salinidad, la dulzura y la aceptación general de la bebida, en 5 ocasiones: antes del ejercicio y después de cada porción.

Al terminar todo el líquido se recogió para cada participante la primera de 7 muestras de orina, seguida por una cada 30 minutos, durante 3 horas. A cada muestra se le midió el volumen y se desechó. Con los datos obtenidos se realizaron los cálculos de porcentaje de conservación de líquido, balance neto de fluidos y porcentaje de recuperación del peso.

Se calculó el porcentaje de conservación de líquido (%LiqCons) para cada bebida, según la fórmula:

$$\textbf{\%LiqCons} = \frac{\text{Líquido ingerido-Volumen de Orina Total}}{\text{Líquido Ingerido}} * 100$$

Para calcular el balance neto de fluidos (BNF), se tomaron en cuenta 4 valores a saber: primero se tomó el valor cero como estado de euhidratación, este es el valor inicial, luego se consideraron las pérdidas de fluidos a través de la orina y el sudor a partir del cambio en la masa corporal ocurrido con el ejercicio (BNF Post-Ejercicio), luego la ganancia de peso alcanzada con el líquido ingerido para la rehidratación (BNF Post-Rehidratación) y finalmente el peso faltante al terminar de la sesión (BNF Final). Todos los valores de la fórmula están dados en mL.

BNF Inicial *= 0*
BNF Post-ejercicio*= (Peso Post-ejercicio- Peso Inicial)*1000*
BNF Post-Rehidratación*= (Peso Post-RH-Peso Inicial)*1000*
BNF Final *= (Peso Final –Peso Inicial)*1000*

El porcentaje de recuperación del peso (%Recpeso), representa cuánto del peso perdido durante el ejercicio fue recuperado al final de la sesión, con cada una de las bebidas. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\textbf{\% Recpeso} = 100 - \frac{(\text{Peso Inicial-Peso Final})*100}{\text{Peso Inicial-Peso Post-ejercicio}}$$

La diferencia entre el porcentaje de conservación del líquido y el porcentaje de recuperación del peso, consisten en que el primero contempla solamente las pérdidas por orina, y el segundo las pérdidas por otros medios como sudor, material fecal o tracto

respiratorio, que aunque no fueron medidas directamente se derivan del peso. Este valor está relacionado entonces con el balance neto de fluidos al final de la sesión.

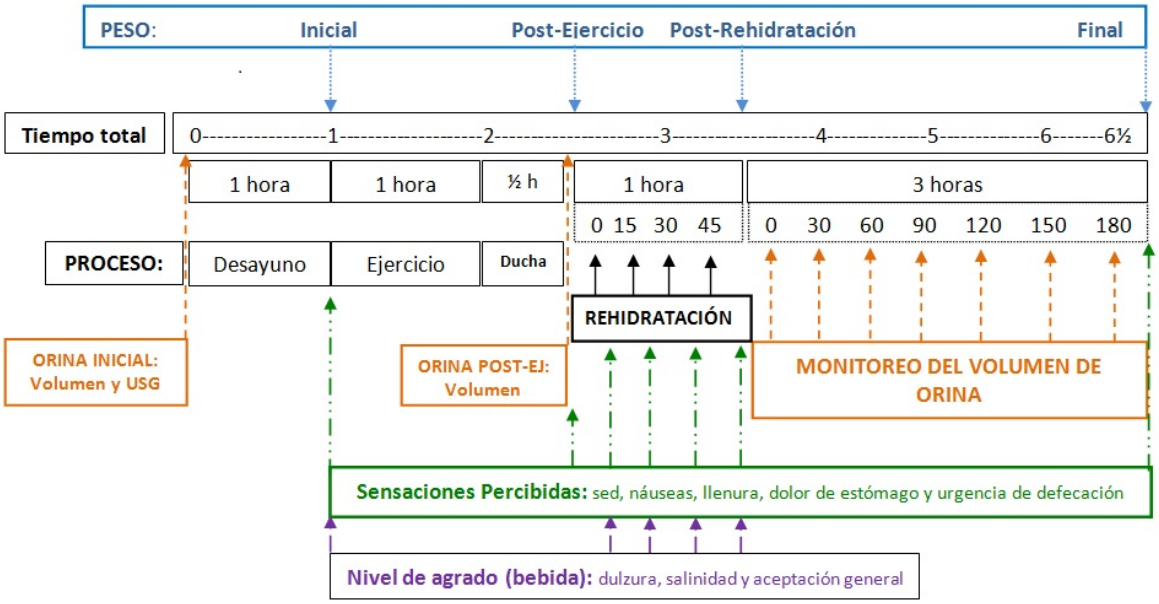

Figura 1. *Resumen del proceso*

Análisis estadístico: Los datos se procesaron en el paquete estadístico SPSS® versión 15.0 para Windows®. Se obtuvo la estadística descriptiva como el promedio y la desviación estándar (media± D.E), para caracterizar la muestra. Se verificó la normalidad de los datos y luego se realizaron Análisis de Varianza (ANOVA) de 1 vía (factor bebidas) para cada una de las siguiente variables: peso inicial, USG inicial, frecuencia cardíaca durante el ejercicio, tiempo de ejercicio, porcentaje de deshidratación y volumen de líquido consumido. Todas estas variables se utilizaron para verificar que las condiciones previas a la rehidratación fueran iguales para todas las condiciones experimentales. Luego se realizó ANOVA de 2 vías de medidas repetidas para cada una de las siguiente variables: la orina eliminada en el tiempo (4 bebidas x 7 mediciones) y el balance neto de fluidos (4 bebidas x 4 mediciones). Con algunos valores obtenidos se calculó el porcentaje de recuperación del peso y el porcentaje de líquido conservado de cada bebida, seguido de un ANOVA de 1 vía (factor bebidas) para estas dos variables. Finalmente se realizó un ANOVA de dos vías de medidas repetidas para cada una de las sensaciones percibidas de tolerancia: sed, náuseas,

llenura, dolor de estómago, urgencia de defecación (4 bebidas x 7 mediciones) y para la aceptación general, agrado de la dulzura y agrado de la salinidad de la bebida (4 bebidas x 5 mediciones). Cuando se identificaron efectos principales se hizo una evaluación post hoc mediante la prueba de Bonferroni, para identificar dónde estaban las diferencias.

RESULTADOS

Los participantes iniciaron el ejercicio con 74.7±11.4 Kg (promedio ± D.E) de masa corporal. El protocolo de ejercicio intermitente en el calor tuvo una duración de 52.6±2.5 minutos; en ese tiempo los participantes perdieron 1.57±0.08 kg (2.1±0.2% de la MC), sin diferencias entre las cuatro condiciones experimentales (*p=.459*). No hubo diferencias en las condiciones previas a la rehidratación, ni en el volumen de líquido ingerido para la misma (1881±350 mL) entre las condiciones experimentales. *Tabla 2.*

Tabla 2. *Condiciones previas a la rehidratación*

	BEBIDA CONSUMIDA DURANTE LA REHIDRATACIÓN								
	Agua Embotellada (AE)		Agua de Coco (AC)		Bebida Deportiva (BD)		Bebida Modificada (BM)		Valor de p
MEDICIÓN	*Prom.*	*D.E*	*Prom.*	*D.E*	*Prom.*	*D.E*	*Prom.*	*D.E*	
Peso inicial (Kg)	74.76	11.92	74.72	11.68	74.77	11.44	74.76	11.91	*.982*
USG inicial	1.016	0.007	1.016	0.006	1.015	0.007	1.016	0.007	*.871*
FC ejercicio (Lat/min)	156.6	5.0	157.4	6.8	157.4	6.0	157.8	6.9	*.746*
% de deshidratación	2.12	0.28	2.13	0.19	2.10	0.29	2.03	0.22	*.548*
Tiempo de ejercicio (min)	50.8	10.0	55.00	10.0	52.92	8.9	51.67	10.1	*.185*
Líquido consumido (ml)	1906	399	1919	360	1884	361	1816	315	*.469*

Los valores de p resultaron al realizar ANOVA de 1 vía para cada una de estas variables.

Los volúmenes parciales de orina eliminados con las cuatro bebidas se presentan en la *Figura 2*. Después de realizar el ANOVA de 2 vías de medidas repetidas en esta variable (*Tabla 3*), se encontró que hubo interacción significativa entre la bebidas consumidas y las mediciones en el tiempo sobre la orina excretada (*p=.001*). Al descomponer la interacción se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre AE y BD tanto a la media hora (p=*.001*) como a la hora y media (p=*.009*). De igual manera AE fue diferente a la hora con respecto a AC y de BM (*p<.001* para ambas comparaciones).

Al comparar el volumen total de orina (*Figura 3*), sin incluir orina inicial, ni post-ejercicio se encontró que hubo diferencias entre las bebidas (p=*.007*), resultando menor con la bebida deportiva BD (605±297 mL, *p=.028*) y BM (599±254 mL, *p=.010*) al compararlas con AE (894±178 mL). Por su parte AC (687 ±250 mL), no fue diferente al AE (*p=.147*).

Tabla 3. *Resumen de los ANOVA de dos vías realizadas para orina eliminada y balance neto del fluidos*

VARIABLE DEPENDIENTE	Efecto Bebida	Efecto Tiempo	Interacción
ORINA ELIMINADA			
Valor de *p*	0.007	0.000	0.001
Valor de *F*	3.458	36.502	4.129
BALANCE NETO DE FLUIDOS			
Valor de *p*	0.001	0.000	0.014
Valor de *F*	7.474	264.354	2.455

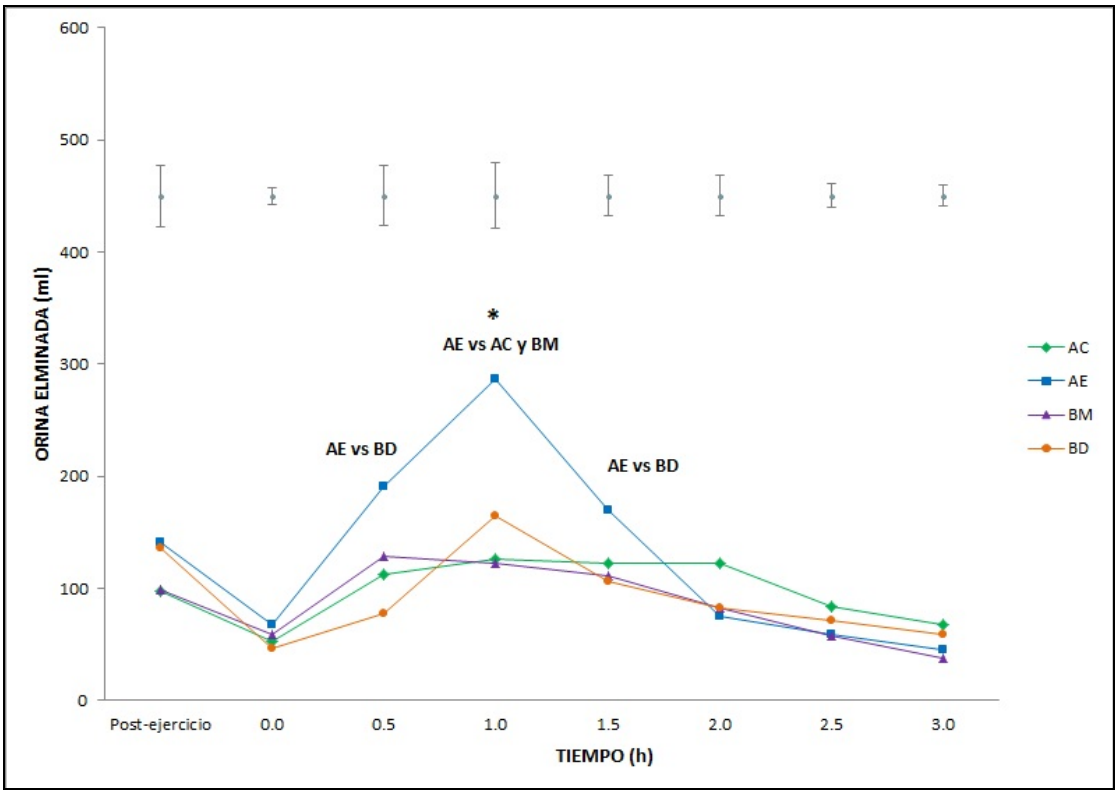

Figura 2. *Volúmenes parciales de orina eliminada vs. tiempo.*
Interacción=0.001. (*) diferente de todas las mediciones. Las comparaciones representan las diferencias entre bebidas en ese momento del tiempo (p<.05). Las barras superiores corresponden al Error estándar de cada medición independiente de cada bebida.

Con el ANOVA de 1 vía (*Tabla 4*) se encontró que había diferencia entre bebidas con respecto al porcentaje de líquido conservado en el cuerpo después de la rehidratación (*Figura 3*). La diferencia se encontró entre AE y BD (51.3±12.6% vs. 68.3±13.1% respectivamente, *p=.013*), esto equivale a una diferencia de volumen conservado de ~260 mL entre ambas. Al comparar AC (62.5±15.4%, *p=.190*) y BM (65.9±15.4%, *p=.058*) con AE, no se encontraron diferencias significativas a pesar de la cercanía de porcentajes con la bebida deportiva. Los porcentajes de conservación de AC, BD y BM fueron iguales entre sí (*p>.05*).

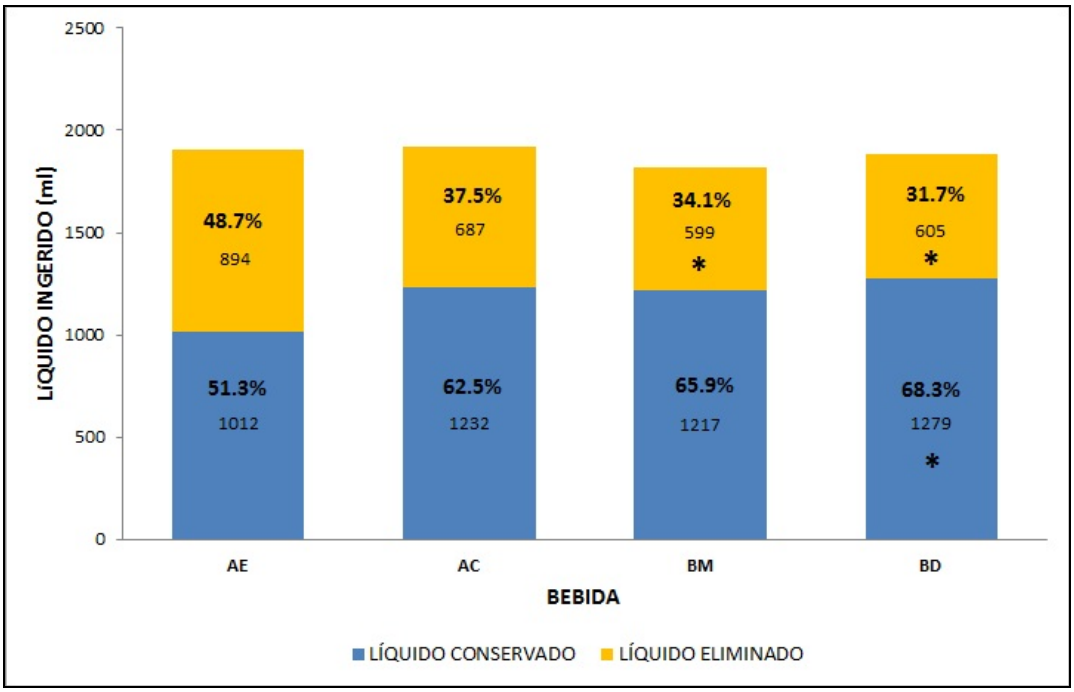

Figura 3. *Porcentaje de líquido conservado por cada bebida*
(*) *significativamente diferente al agua embotellada (p<.05)*

Tabla 4. *Resumen de los ANOVA de una vía realizadas para porcentaje de líquido conservado y porcentaje de recuperación del peso*

VARIABLE DEPENDIENTE	Valor p	Valor F
Porcentaje de líquido conservado	0.009	4.549
Porcentaje de recuperación del peso	0.004	5.415

Con respecto al balance neto de fluidos (BNF), después de aplicar un ANOVA de 2 vías de medidas repetidas (Tabla 3 y Figura 4) y el análisis pos hoc, se encontró que todas las bebidas tuvieron un comportamiento similar en el tiempo excepto al final de la sesión, en donde AE produjo un mayor déficit de fluidos al compararla con BD (-915±186 g vs. -600±286 g; *p=.001*), con una diferencia aproximada entre ambas de 300 g. En este punto AE y BM no fueron diferentes (*p=0.051*).

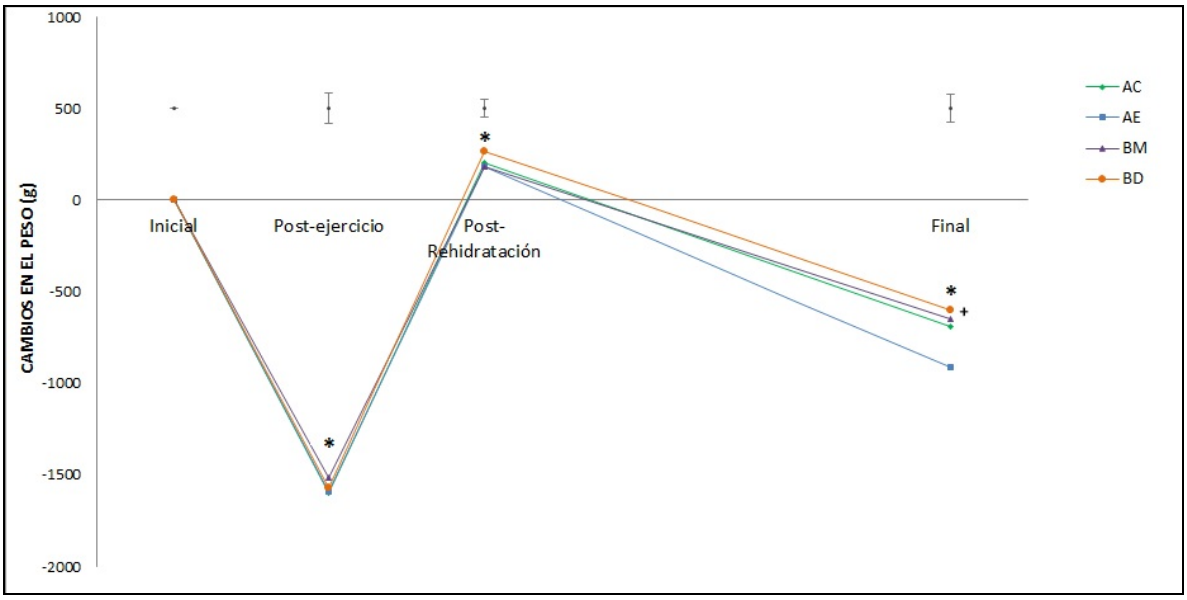

Figura 4. *Balance Neto de fluidos (BNF)*
Interacción = 0.014
****** p<.001 valor final vs. valor inicial*
+ *p=.001 BD vs. AE, para BNF y **+**p=0.004 para %RP.*
Las barras superiores corresponden al error estándar de cada medición independiente de cada bebida.

Para determinar las diferencias existentes entre el porcentaje de recuperación del peso alcanzado con las diferentes bebidas, se realizó un ANOVA de 1 vía, encontrando que BD condujo a una mejor recuperación del peso perdido al compararla con AE (61±16% vs. 40±14% respectivamente, *p=.004*). Pero ninguna de las bebidas, incluyendo BD, logró mantener la recuperación del 100% del peso perdido (*Figura 4 y tabla 4*).

Finalmente al realizar ANOVA de dos vías de medidas repetidas para cada una de las sensaciones percibidas de tolerancia y aceptación no se detectó interacción entre las bebidas y el tiempo (*p>.05* en todos lo casos), sobre la sensación de sed, llenura, dolor de

estómago, urgencia de defecación y náuseas, ni sobre el agrado de la dulzura de la bebida, la salinidad o la aceptación general (*Figura 5, tabla 5*).

Al analizar los efectos principales del ANOVA de dos vías de medidas repetidas (bebida x medición) de las diferentes sensaciones percibidas, se encontró que en el efecto principal de medición (tiempo) la sed se incrementó significativamente después del ejercicio con respecto a la sensación basal en reposo ($p=.001$) en donde las personas se encontraban euhidratadas (antes del ejercicio). Sin embargo, después de la primera porción la sensación disminuyó significativamente alcanzando los valores previos al ejercicio con todas las bebidas. Por otro lado la sed continuó disminuyendo entre la segunda y la tercera porción ($p<.05$) y a partir de ese momento no disminuyó más. Por el contrario aumentó un poco al final de la sesión pero sin diferencias significativas con respecto a los valores encontrados antes del ejercicio (*Figura 5a*).

La sensación de llenura (*Figura 5b*) fue diferente entre la porción 2 y la porción 4 ($p=.027$) y la sensación de dolor de estómago, urgencia de defecación y náuseas (*Figura 5 c, d y e*) permanecieron sin cambios significativos en el tiempo y entre las bebidas ($p>.05$).

El agrado de la salinidad (*Figura 5g*) se mantuvo constante en el tiempo para las diferentes bebidas. Pero la aceptación general (*Figura 5h*) fue diferente entre las primera y segunda porción, luego no presentó cambios. El agrado de la dulzura (*Figura 5f*), disminuyó al final de la rehidratación con respecto a lo observado en la primera porción.

Con respecto al efecto principal bebida, el cual contempla las diferencias encontradas al promediar los puntajes obtenidos de todas las mediciones de las sensaciones percibidas de cada una de las bebidas: no se detectaron diferencias con respecto a las sensaciones percibidas de tolerancia (*Figura 6*), ni en la aceptación de la salinidad ($p=.394$) a pesar de las diferentes concentraciones de sales y tampoco en la aceptación general ($p=.096$). Pero sí se detectaron diferencias en el nivel de agrado de la dulzura ($p=.032$), siendo preferida el agua de coco (*Figura 7*).

A pesar de no encontrar diferencias estadísticas en la aceptación de las bebidas, los participantes hicieron algunos comentarios al respecto. Sobre la bebida deportiva dos personas mencionaron que tenía un sabor agradable, una mencionó que le quitó la sed de forma efectiva y dos de ellas hicieron comentarios negativos con respecto al nivel de

acidez, otra persona mencionó que la bebida no le gustó pero que dado que tenía sed era una bebida que tomaría en dichas circunstancias. De la bebida modificada dos personas la asociaron a una bebida gaseosa como Squirt® o Sprite® pero sin gas. Además una persona la percibió como muy salada y experimentó una sensación de "flemas" en la garganta. Con respecto al agua de coco dos personas mencionaron que tenía buen sabor y que era refrescante y dos de ellas mencionaron que el mismo día, entre una porción y otra les supo más dulce, a pesar de confirmar que el agua que consumían correspondía al mismo lote de agua de coco. Finalmente del agua el único comentario lo hizo una persona que mencionó que no tenía ningún sabor particular.

Tabla 5. *Resumen de los ANOVA de dos vías de medidas repetidas para las sensaciones percibidas.*

VARIABLE DEPENDIENTE	Efecto Bebida	Efecto Tiempo	Interacción
TOLERANCIA DE LAS BEBIDAS			
SED			
Valor de *p*	0.767	0.000	0.278
Valor de *F*	0.381	24.200	1.197
NÁUSEAS			
Valor de *p*	0.198	0.180	0.197
Valor de *F*	1.870	1.993	1.815
LLENURA			
Valor de *p*	0.129	0.022	0.385
Valor de *F*	2.031	4.476	1.174
DOLOR DE ESTÓMAGO			
Valor de *p*	0.579	0.320	0.550
Valor de *F*	0.358	1.167	0.649
URGENCIA DE DEFECACIÓN			
Valor de *p*	0.411	0.188	0.603
Valor de *F*	0.884	1.862	0.866
ACEPTACIÓN DE LA BEBIDA			
AGRADO DE LA DULZURA			
Valor de *p*	0.032	0.010	0.592
Valor de *F*	4.166	6.079	0.731
AGRADO DE LA SALINIDAD			
Valor de *p*	0.394	0.100	0.285
Valor de *F*	1.025	2.600	1.206
ACEPTACIÓN GENERAL			
Valor de *p*	0.096	0.006	0.957
Valor de *F*	2.292	6.225	0.411

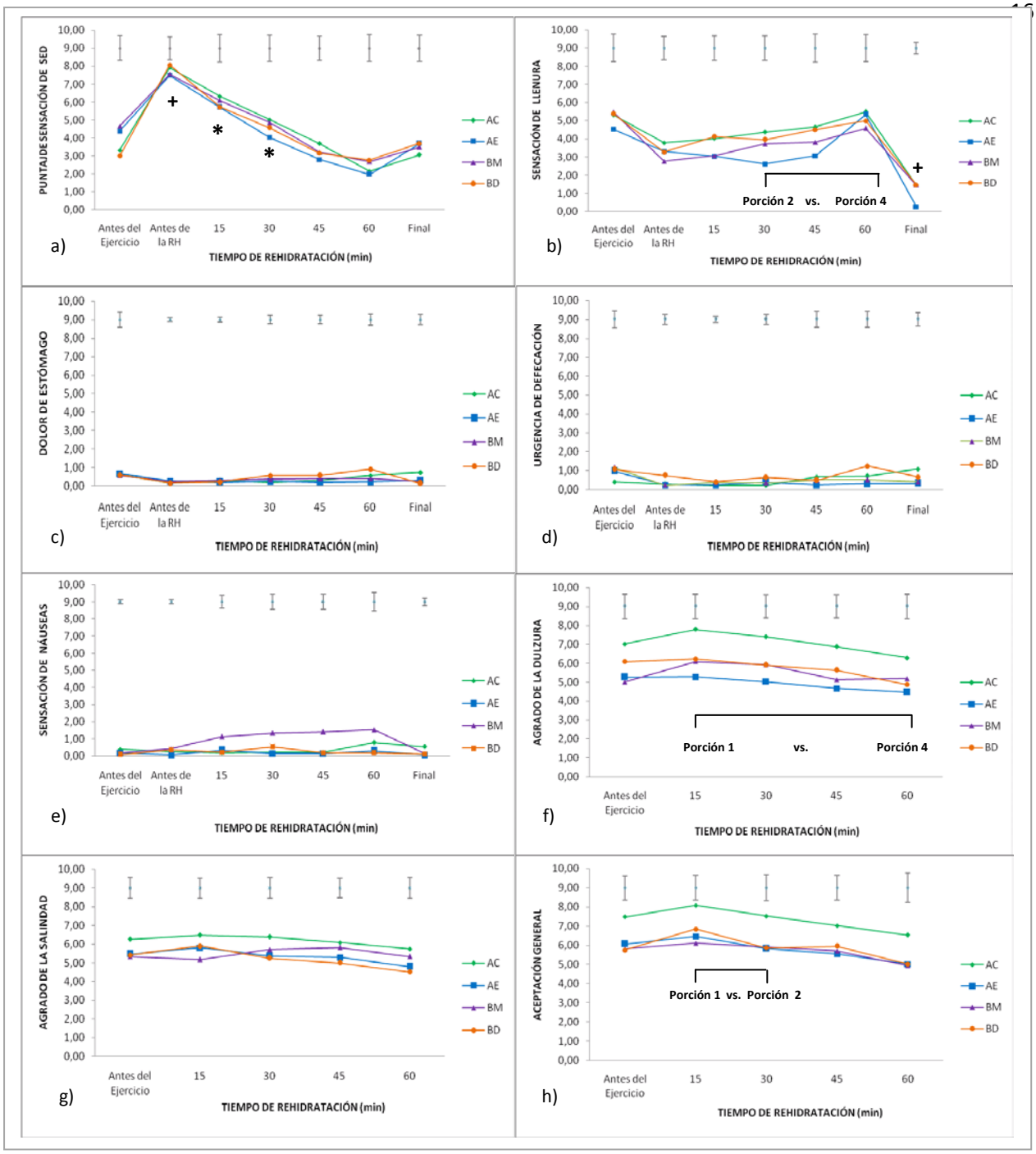

Figura 5. *Sensaciones percibidas de tolerancia y aceptación antes y durante la rehidratación*

No hay interacción entre la bebida y el tiempo sobre las diferentes sensaciones percibidas.

(**+**) Diferente a todas las demás mediciones (*p<.05*).

(*****) Diferente a todas las demás mediciones excepto a la sensación antes del ejercicio (*p<.05*).

También se muestran comparaciones entre puntos donde se hallaron diferencias significativas (*p<.05*).

Cero (0) = ausencia de la sensación o desagrado extremo y **diez (10)=**sensación extrema o máximo nivel de agrado

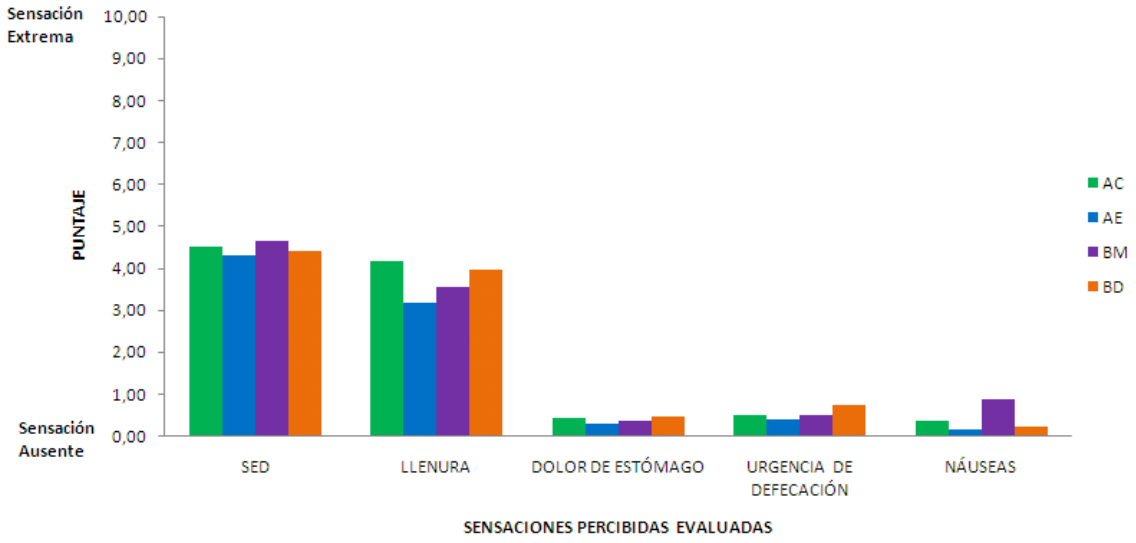

Figura 6. *Puntajes promedio de las sensaciones percibidas de tolerancia de las bebidas*
No se encontraron diferencias entre las bebidas para ninguna de las sensaciones evaluadas (*p>.05* en todos los casos)

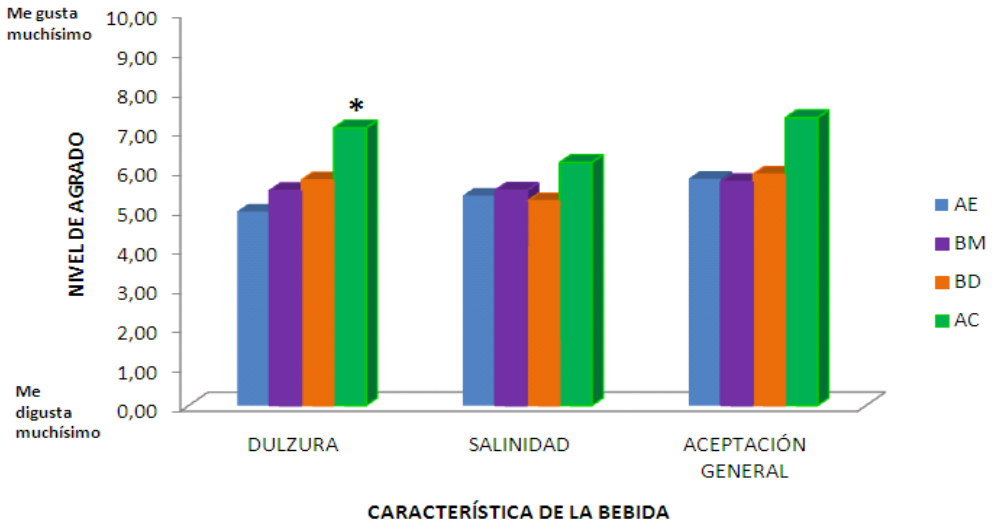

Figura 7. *Puntajes promedio del agrado de la dulzura, la salinidad y aceptación general de las bebidas*
(*) Agrado de la dulzura significativamente mejor para AC (*p=.032*)

DISCUSIÓN

El principal hallazgo de esta investigación es que la presencia de potasio de forma natural en el agua de coco o la adición del mismo en una bebida deportiva con sodio (bebida modificada), no ofrece beneficios adicionales en la conservación de líquido

consumido para la rehidratación post-ejercicio en este grupo de personas deshidratadas al 2% de la masa corporal, cuando se comparan dichas bebidas con una bebida deportiva con sodio y bajo contenido de potasio. La bebida deportiva obtuvo mejor porcentaje de conservación de líquido y recuperación del peso al final de la sesión al compararla con el agua. Todas las bebidas fueron bien toleradas, pero en general el agua de coco obtuvo los mejores puntajes de aceptación en su nivel de dulzura. En el agrado de la salinidad y la aceptación general no se encontraron diferencias a pesar de las diferencias en la composición de las bebidas.

La hipótesis del estudio era que la bebida modificada, al contener tanto sodio como potasio en cantidades importantes, sería superior a las demás bebidas en términos de la conservación de líquido en el cuerpo. Se creía también que la bebida deportiva por su contenido de sodio y el agua de coco por su contenido de potasio serían iguales entre sí y superiores al agua, ya que estudios previos han mostrado que ambos electrolitos de forma individual podrían ser efectivos en la rehidratación (Maughan et al., 1994) y que el agua conduciría a menores porcentajes de conservación que todas las bebidas al llevar a una mayor eliminación de orina (Costill & Sparks, 1973).

Antes de discutir los resultados es importante mencionar que dentro del estudio se estandarizó el contenido de sodio en la BD y la BM, según las cantidades encontradas en una BD convencional (~18 mEq/L). Lo mismo se hizo con el potasio de la BM: se buscó que estuviera cerca a 50 mEq/L, tratando de igualar la cantidad encontrada en algunos estudios en el agua de coco (Madriz, 2000; Saat et al, 2002; Ismail et al, 2007; Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas, 2010). Sin embargo, en este estudio el contenido natural de potasio del agua de coco superó por mucho el valor esperado, ya que se encontró un promedio de 70 mEq/L con desviaciones hasta de 20 mEq/L, llevando a que su contenido de potasio fuera significativamente mayor al de la BM y no igual, como se esperaba. También se buscó que todas las bebidas tuvieran ~ 4% de carbohidratos (mitad glucosa y mitad fructosa), ya que se había visto en estudios y pruebas piloto previas que el contenido de carbohidratos del agua de coco en Costa Rica era cercano a dicho valor, sin embargo, en este estudio el agua de coco tuvo ~ 0.5% más de carbohidratos en forma de sacarosa que la BD y la BM. Se puede decir entonces que la bebida deportiva y la bebida modificada

tuvieron la composición esperada, pero esto no fue posible con el agua de coco con respecto al contenido de potasio y de cierta forma con los carbohidratos.

Se ha visto que el contenido de carbohidratos y potasio del agua de coco presenta un incremento más o menos entre los 6 y 8 meses de maduración en la palmera. Luego comienza a descender, tanto que al punto de los 10 meses los carbohidratos en general pueden disminuir en un 40% con respecto a lo encontrado a los 5 meses. El sodio en el agua de coco de algunas zonas tiende a aumentar con la edad (Child & Nathanael, 1950; Kuberski, Roberts, Linehan, Bryden & Teburae, 1979; Vigliar, Sdepanian & Fagundes-Neto, 2006). Esto puede explicar las diferencias en la composición encontradas y reflejar la dificultad de controlar la composición de una bebida natural, más aún a pequeña escala, cuando ni el proveedor ni el comprador tiene conocimiento de todo el proceso de maduración del coco.

Una de las primeras investigaciones realizadas con agua de coco para la rehidratación post-ejercicio se llevó a cabo con 19 adolescentes deshidratados aproximadamente a un 2.3% de la MC, en la provincia de Limón, una zona calurosa de Costa Rica. En dicho estudio Madriz (2000) comparó el porcentaje de rehidratación alcanzado con agua de coco (AC: 74.8±14%), agua fresca (AF: 72.2±17%) y una bebida deportiva (BD: 77.8±16%), y concluyó que no existían diferencias significativas entre las bebidas con respecto a esta variable, pero si encontró diferencias en el porcentaje de restitución de líquido, a favor del agua de coco (27.6±16) y la bebida deportiva (28.1±19) al compararlas con el agua (11.8±25, $p<.05$). A este último indicador le dio más importancia, para concluir que el agua de coco es una bebida que podría ser recomendada para la rehidratación después del ejercicio. En el presente estudio la BD fue superior al agua tanto en el porcentaje de conservación como en el peso recuperado. Pero el AC no fue superior al agua.

Saat et al. (2002) evaluaron, en 8 participantes deshidratados al 2.7% de la MC, la efectividad de la rehidratación con agua de coco (AC), una bebida deportiva (BD) y agua pura (AP). Encontraron que no existían diferencias significativas entre las tres bebidas con respecto al peso perdido con el ejercicio que fue recuperado posterior a la rehidratación (BD 80±4%, AC 75±5%, AP 73±5%), ni en el índice de rehidratación, evaluado con

respecto a cuánto porcentaje del líquido consumido fue usado para la recuperación del peso (AP 1.7±0.2, AC 1.6±0.1, BD 1.4±0.1). Tampoco se observaron diferencias en el volumen sanguíneo. Nosotros encontramos que BD fue superior al agua y que AC fue igual tanto al agua como a BD.

En un estudio más reciente, Ismail et al. (2007) evaluaron en 10 hombres, la efectividad del agua pura (AP), una bebida deportiva (BD), el agua de coco (AC) y el agua de coco enriquecida con sodio (AC+Na^+), sobre la capacidad de dichas bebidas para rehidratar y restablecer el volumen sanguíneo después de una deshidratación del 3% del peso corporal inducida por ejercicio. En las conclusiones del estudio, los autores sugieren que la adición de sodio al agua de coco natural, podría conducir a resultados similares a la bebida deportiva. Sin embargo, la estadística y figuras presentadas en la publicación con respecto al porcentaje de líquido conservado, muestran que el agua es la única bebida significativamente diferente (58.9±9%, $p<.05$), mientras que las demás son iguales entre sí, incluyendo el agua de coco sin adición de sodio (BD: 68.1±1.6%; AC: 65.1±1.7% y AC-Na^+: 69.4±1.4). Estos resultados son muy similares a los del presente estudio en donde el agua produjo el porcentaje de conservación más bajo y donde la BD, AC y la BM fueron iguales entre si.

Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas (2010) compararon en 11 voluntarios, deshidratados al 1.84%, la efectividad de la rehidratación con AC, AE (agua embotellada) y una BD. Encontraron que los volúmenes de orina fueron mayores con AE (624±183 mL), que con las otras dos bebidas, pero AC y BD no fueron diferentes entre sí (390±73 vs. 416±200 mL). El AC fue tan efectiva como la BD en términos de conservación de líquido (71.0±7.9 vs. 71.3±14.3% del líquido ingerido) y ambas fueron mejores que el AE (55.9%). Coinciden los resultados con el presente estudio en el hecho de que el agua produjo porcentajes de conservación más bajos al compararla con BD, aunque en el presente estudio el AC y AE no fueron diferentes entre si.

En otro estudio donde no se usó agua de coco, pero incluyeron una bebida con mayor contenido de potasio: Shirreffs et al. (2007) compararon la efectividad de 4 bebidas comúnmente consumidas por las personas en Europa. Incluyeron dos tipos de agua mineral, una bebida deportiva (CHO: 6%, Na+: 23mEq/L y K+: 6 mEq/L), además de una mezcla de

agua carbonatada y jugo de manzana (CHO: 6.7%, Na+: 8 mEq/L y K+: 30 mEq/L), esta última rica en potasio. Participaron 8 voluntarios deshidratados al 1.94% de la masa corporal mediante ejercicio en el calor, luego fueron rehidratados con un volumen equivalente al 150% de la masa corporal perdida. Encontraron que 4 horas posteriores a la rehidratación la única bebida que había logrado mantener la recuperación de los niveles de hidratación que tenían antes del ejercicio fue la bebida deportiva, ya que las otras tres bebidas estuvieron en un balance negativo significativamente diferente a la condición inicial considerada como euhidratación. Estos resultados se parecen al presente estudio en el cual la única bebida que logró mejor balance neto fue la bebida deportiva, aunque por el volumen suministrado la euhidratación no se logró a las tres horas de monitoreo.

Yawata (1990), evaluó tres bebidas consumidas *ad líbitum* en ratas deshidratadas al 9% de la masa corporal. Estas bebidas fueron: una isotónica compuesta por cloruro de Sodio (NaCl), otra isotónica compuesta por cloruro de potasio (KCl) y agua corriente. Se buscaba identificar el efecto de los iones sodio y potasio en el reemplazo de cada compartimiento del fluido corporal durante la rehidratación. Encontró que con la bebida de NaCl, los aumentos en el volumen sanguíneo y el sodio excedieron las pérdidas alcanzadas durante el período de deshidratación, en tanto que el grupo de KCl y el grupo que ingirió agua corriente tuvieron un aumento equivalente sólo a un 70% del fluido perdido durante la deshidratación. La recuperación de volumen extracelular con NaCl fue del 178% y con KCl fue del 50%. La recuperación del volumen IC no tuvo diferencias significativas entre los grupos, y nunca excedió el nivel considerado como control, pero tuvo una tendencia a ser más alta con KCl. El autor sugiere que existen prioridades en el restablecimiento de cada compartimiento, tanto el IC como el EC. En el líquido EC la regulación de las concentraciones de sodio preceden las del volumen mientras que en el líquido IC la regulación del volumen es prioritaria. La conclusión del estudio fue que el efecto de suplementar potasio en las bebidas para la recuperación de líquido IC parece ser muy pequeño, distinto al efecto del sodio en la recuperación de líquido EC. Esto puede explicar por qué en el presente estudio las bebidas con potasio no pudieron superar la bebida deportiva con mayor contenido de sodio, incluso en el caso de la bebida modificada en donde estaban presentes ambos electrolitos.

En el estudio de Maughan et al. (1994) diseñado para investigar el papel del sodio y del potasio en las bebidas de rehidratación, 8 hombres fueron deshidratados al 2,1% de la MC. Los hombres ingirieron en una ocasión una bebida que contenía 1,5% de glucosa (90 mEq/L), en otra ocasión una bebida que contenía sodio (60 mEq/L de NaCl), en otra una bebida que contenía potasio (25 mEq/L de KCl), o ingirieron una bebida que contenía los tres componentes (glucosa, sodio y potasio). Las personas fueron rehidratadas con un volumen equivalente al 100% del peso perdido durante el ejercicio. Posteriormente monitorearon los volúmenes de orina durante 6 horas.

En este estudio se produjo menos orina cuando la bebida de rehidratación utilizada contenía electrolitos, en comparación con las bebidas que no contenían electrolitos independiente del tipo o concentración. Esto llevó a que no existiera diferencia en el porcentaje de conservación de líquido en el cuerpo en las bebidas con electrolitos. Sin embargo, encontraron que cuando se combinaron el sodio y potasio en la misma bebida, no fue posible reducir más la producción de orina (Maughan et al., 1994). Esto coincide con los resultados de la bebida modificada en la cual a pesar de mezclar sodio y potasio (este último en el doble de la concentración utilizada en el estudio de Maughan et al.), no se logró superar los resultados de la bebida deportiva.

El presente estudio ratifica el hecho de que la adición extra de potasio, no se justifica en bebidas que ya contienen sodio tal como habían sugerido Maughan et al. (1994), más aún cuando ya se ha visto que las bebidas con sodio y muy pequeñas cantidades de potasio pueden ayudar a mantener el volumen plasmático, recuperar el balance neto de fluidos y lograr mejores porcentajes de conservación de líquido al compararlas con el agua (Shirreffs, Taylor, Leiper & Maughan, 1996; Mitchell, Phillips, Mercer, Baylies & Pizza, 2000).

La posible explicación del porqué en este estudio las bebidas con potasio no fueron superiores al agua con respecto a la efectividad de la rehidratación se puede deber a que la aldosterona y la ingesta dietaria de potasio son dos de los principales factores que regulan la secreción de potasio. Altas ingestas estimulan la secreción renal (tanto por un mecanismo dependiente, como independiente de la aldosterona (Wang & Giebisch, 2009), quizá las altas concentraciones de potasio de las bebidas llevaron a una mayor eliminación de éste a

través de la orina, más que conducir a un efecto sobre la reposición de líquido intracelular como se esperaba, de ahí la importancia de evaluar la concentración de electrolitos en orina (no realizada en este estudio). Sin embargo, no se descarta que una bebida con potasio (sin adición de sodio), pueda resultar en una mejor rehidratación que una bebida sin ningún tipo de electrolito como ha ocurrido en algunos estudios con agua de coco (Madriz, 2000; Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas, 2010) o el estudio de Maughan et al. (1994).

En este estudio también se encontró que usar agua para la rehidratación post-ejercicio produce un mayor déficit de líquido, confirmando que consumir grandes cantidades de agua en corto tiempo, conducen a un incremento en la eliminación de orina al compararla con BD (Shirreffs & Maughan, 1997; Shafiee et al., 2005). Sin embargo el hecho de que en este estudio la BD no haya logrado la recuperación de todo el líquido perdido, se puede deber a que el contenido de sodio necesario para lograr el balance de líquido oscila ente 40 y 50 mEq/L y un volumen de líquido equivalente al 150% de la masa corporal perdida con el ejercicio (Merson, Maughan & Shirreffs, 2008).

Finalmente, al contemplar las sensaciones percibidas de tolerancia y el nivel de agrado de la dulzura, salinidad y aceptación general de la bebida, no se encontró interacción entre las bebidas y el tiempo sobre dichas variables, similar a los resultados encontrados por Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas (2010) en donde compararon agua, una bebida deportiva y agua de coco y no encontraron interacción. En el estudio de Saat et al., no buscaron interacción, pero sí encontraron que el agua de coco produjo significativamente menos sensación de náuseas y llenura. Lo mismo, Ismail et al. (2007), que encontraron que el agua de coco con sodio produjo mejor tolerancia.

Wilk, Rivera-Brown y Bar-Or (2007) tampoco encontraron interacción con respecto a la sensación de sed y llenura evaluada en 12 niñas (entre los 9 y los 12 años) que realizaban ejercicio en el calor, comparando agua con y sin sabor, y una bebida deportiva. Sí encontraron diferencia en el tiempo, pero no hubo diferencias entre las bebidas, tal y como ocurrió en el presente estudio con las bebidas empleadas.

Se encontró que la percepción de sed no estuvo en cero antes del ejercicio, esto no necesariamente debería asumirse como una señal de deshidratación, pues se ha visto que la percepción de sed en personas euhidratadas puede estar ligeramente elevada (Obika, Idu,

George, Ajayi & Mowoe, 2009). Como se esperaba, la sensación de sed incrementó después del ejercicio cuando las personas estaban deshidratadas y fue reduciendo progresivamente al rehidratarse.

A pesar de que el agua fue la bebida que mayor déficit produjo, las otras bebidas tampoco consiguieron recuperar el balance neto de fluidos, y aún así la sed ya había disminuido significativamente al final de la sesión. De hecho, la sensación de sed fue disminuida en todos los casos después de la primera porción, momento en el cual no se había logrado la completa rehidratación, y después de la tercera porción no disminuyó más. Esto debería ser tomado en cuenta porque en algunos casos se ha dicho que solamente el agua puede disminuir la sensación de sed antes de lograr una completa rehidratación (Costill & Spark, 1973). De todas formas los estudios sobre la forma en que el cuerpo percibe la necesidad de corregir algún tipo de déficit de sales y agua intra o extracelular son relativamente escasos (Obika et al, 2009).

En la evaluación de aceptación de la bebida, se observó un mayor puntaje para todas las bebidas en la primera porción posiblemente debido a que las personas tenían mucha sed, pero luego disminuyó para la segunda porción, posiblemente debido a que simultáneamente las sensación de sed disminuyó. A partir de ese momento los valores no fueron diferentes, aún cuando los participantes habían consumido mayores volúmenes de la bebida. Este comportamiento ocurrió en general para todas las bebidas, sin preferencia particular por alguna de ellas.

El agrado de la dulzura de las bebidas disminuyó entre la primera y la cuarta porción, mostrando que quizá las personas al consumir más líquido tienden a fatigarse de los sabores dulces. En todo caso el nivel de dulzura del agua de coco fue preferido. Saat et al. (2002) encontraron que el agua de coco era percibida más dulce a pesar de que en su estudio el agua de coco tenía menos carbohidratos que la bebida deportiva. Por su parte Ismail et al. (2007) no encontraron diferencias en la dulzura percibida entre las bebidas excepto para el agua, también a pesar de que las concentraciones de carbohidratos eran diferentes entre el agua de coco y la bebida deportiva, no detectaron diferencias entre ellas.

Si bien las diferencias en la preferencia de la dulzura del agua de coco en el presente estudio podría ser debido al 0.5% más de carbohidratos en forma de sacarosa del agua de

coco al compararla con la BD y la BM, esto no necesariamente podría considerarse como la razón, como se vio en los estudios de Saat et al. (2002) e Ismail et al. (2007), sino que la explicación puede estar dada por el tipo de carbohidratos presentes en cada bebida, además del resto de componentes presentes en ella. Se sabe al evaluar la dulzura relativa, que la sacarosa toma valores de 100 como patrón de referencia, de ahí la glucosa puede tener valores entre 50 y 70 en soluciones entre 2-10% y la fructosa dependiendo de la fuente oscila entre 105 y 180 (Murray & Stofan, 2000). Además está claro que las mezclas de carbohidratos siempre producen niveles diferentes de dulzura (Murray & Stofan, 2000). En este estudio no se sabe cuántos de los carbohidratos reductores encontrados en el agua de coco fueron glucosa y cuántos fueron fructosa, pero normalmente se ha encontrado una relación 50:50 (Kuberski et al., 1979); es posible que el nivel de fructosa haya sido más alto confiriéndole mayor dulzura tanto en éste como en los otros estudios mencionados, pero esto es solo una suposición.

Considerando el aspecto de la salinidad de las bebidas, Passe et al. (2009) evaluaron el efecto dosis-respuesta de ingerir una bebida con 6% de carbohidratos y diferentes concentraciones de sodio (0 mmol/L, 18 mmol/L, 40 mmol/L y 60 mmol/L) en la percepción sensorial y la palatabilidad de 55 atletas en cuatro momentos diferentes: condiciones sedentarias en un laboratorio (sin vincular un contexto de ejercicio), antes del ejercicio y después de 60 y 120 minutos de ejercicio aeróbico realizado en forma de circuito. Al final del estudio no encontraron diferencias en el tiempo en la percepción de la intensidad de la sal, de forma similar en el presente estudio no se encontraron cambios en el grado de aceptación de la salinidad en el tiempo a medida que un mayor volumen de líquido fue consumido.

Se cree que en los seres humanos no hay diferencia en la percepción de salinidad entre bebidas con 6 y 20 mmol/L de sodio (Passe, 2000); por esto es posible que no se hallaran diferencias en la aceptación de la salinidad de las bebidas. La bebida modificada a pesar de contener NaCl más KCl, no fue diferente a las otras bebidas con respecto al agrado de la salinidad, a pesar de que algunas personas mencionaron que percibían la bebida más salada.

Se sabe que para rehidratación las personas esperan que una bebida les ayude a aliviar los síntomas que surgen como resultado de un déficit de líquido, en las que se incluyen la sensación de sed, sequedad en la boca y fatiga (Labbe, Almiron-Roig, Hudry Leathwood, Schifferstein & Martin, 2009; Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas, 2010). La discriminación entre el grado de aceptación y otras características de las bebidas utilizadas en este estudio puede deberse a un aspecto cultural y al aprendizaje que conduce a asociar el consumo de una bebida con una experiencia refrescante. Labbe et al. (2009) encontraron que el valor de una bebida refrescante tiende a asociarse con los alimentos o bebidas que comparten algunas características con el agua en función de su perfil sensorial (claro, frío y líquido) y que las experiencias con los alimentos pueden provocar el aprendizaje asociativo sobre las percepciones, que relacionan algunas características del producto ingerido en un momento con productos nuevos o actualmente reconocidos como refrescantes. Esto puede que explique por qué no se encontraron diferencias entre las bebidas con respecto a la aceptación general, a pesar de las diferencias en su composición, ya que todas las bebidas utilizadas tenían colores claros, estaban frías y eran percibidas como refrescantes.

CONCLUSIONES

Como conclusiones de este estudio, se puede decir que el agua de coco y la bebida modificada, ambas con alto contenido de potasio, no lograron ser más eficientes que el agua y la bebida deportiva para conservar en el cuerpo el líquido ingerido durante la rehidratación post-ejercicio. Sin embargo, el agua de coco no debería descartarse como una alternativa para la rehidratación, por ser una bebida natural, refrescante, económica, disponible, bien tolerada y aceptada por las personas. Dejando claro que los cambios en su composición, pueden generar diferentes resultados en lo que respecta a su efectividad como rehidratante en condiciones de deshidratación por ejercicio al igual que lo haría una bebida deportiva mal preparada. Por esta misma razón, el agua de coco no sustituye la bebida deportiva cuando ésta última se encuentra disponible como primera opción, sabiendo que brinda la seguridad de una composición estandarizada que no está sujeta a la variabilidad de una bebida natural, además de demostrar ser más efectiva para la rehidratación que el agua embotellada, al lograr un mejor balance neto de fluidos, una mayor recuperación del peso y

ser más eficiente en la conservación del líquido ingerido, diferencia que no se logró con el agua de coco.

Por otra parte, el uso de la bebida modificada permite demostrar que la combinación en una sola bebida de las concentraciones de sodio, comúnmente encontradas en una bebida deportiva convencional, y altas cantidades de potasio, similares a las encontradas en el agua de coco, no ofrece ventajas adicionales para la rehidratación después del ejercicio a las ya obtenidas por la bebida deportiva.

Con respecto a la evaluación de las sensaciones percibidas de tolerancia del agua embotellada, el agua de coco, la bebida deportiva y la bebida modificada, no se encontraron diferencias entre ellas, por esto todas podrían ser usadas con seguridad durante la rehidratación post-ejercicio.

Adicionalmente se podría decir que durante la rehidratación todas las bebidas pueden quitar la sed sin antes haber logrado la recuperación del balance neto de fluidos. Es por esto que las personas activas deberían conocer sus necesidades individuales de líquido y utilizarlas como guía para la rehidratación, más que utilizar la sensación de sed como principal indicador de consumo.

Todas las bebidas fueron igualmente aceptadas, sin embargo el grado de dulzura del agua de coco fue preferido. Ninguna de ellas generó más fatiga sensorial que las demás incluso cuando un mayor volumen de líquido había sido ingerido.

Este estudio fue patrocinado por el Gatorade Sports Science Institute® y los proyectos de investigación VI-245-A4-303 y VI-245-B0-315 de la Universidad de Costa Rica.

REFERENCIAS

Campbell-Falck. D., Thomas, T., Falck, T. M., Tutuo, N. & Clem, K.(2000). The intravenous use of coconut water. *American Journal of Emergency Medicine, 18*, 108-11.

Casa, D. J., Clarkson, P. M., & Roberts, W. O. (2005). American College of Sports Medicine roundtable on hydration and physical activity: consensus statements. *Current Sports Medicine Reports*, *4*(3), 115–127.

Child, R. & Nathanael, R. N. (1950). Changes in the sugar composition of coconut water during maturation and germination. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 1*(11), 326 – 329.

Costill, D. L., & Sparks, K. E. (1973). Rapid fluid replacement after thermal dehydratation. *Journal of Applied Physiology, 34*, 299-303.

Del Coso, J. D., Estevez, E., Baquero, R. A., & Mora-Rodriguez, R. (2008). Anaerobic performance when rehydrating with water or commercially available sports drinks during prolonged exercise in the heat. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, *33*(2), 290-298.

Gellish, R. L., Goslin, B. R., Olson, R. E., McDonald, A., Russi, G. D. & Moudgil, V. K. (2007). Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *39* (5), 822–829.

Harrison, M. H., Edwards, R. J. & Fennessy P. A. (1978). Intravascular volume and tonicity as factors in the regulation of body temperature. *Journal of Applied Physiology*, *44*, 69-75.

Ismail, I., Singh, R. & Sirisinghe, R. G. (2007). Rehydration with sodium-enriched coconut water after exercise-induced dehydration. *The Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, *38*(4), 769–785.

Kuberski, T., Roberts, A., Linehan, B., Bryden, R. N. & Teburae, M. (1979). Coconut water as a rehydration fluid. *New Zealand Medical Journal, 90*, 98-100.

Labbe, D., Almiron-Roig, E., Hudry, J., Leathwood, P., Schifferstein, H., & Martin, N. (2009). Sensory basis of refreshing perception: Role of psychophysiological factors and food experience. *Physiology & Behavior*, *98(*1-2), 1-9.

Madríz-Dávila, K. (2000). Comparación en la conservación de líquido producida por tres bebidas distintas agua pura, bebida deportiva y agua de coco bajo condiciones de deshidratación. Universidad de Costa Rica, Tesis (Magister Scientiae). SIBDI: TFG: 19915.

Maughan, R. J., Owen, J. H., Shirreffs, S. M. & Leiper, J. B. (1994). Post-Exercise Rehydration In Man: Effects of electrolyte edition to Ingested fluids. *Journal of Applied Physiology*, *69*, 209-215.

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.

Merson, S. J., Maughan, R. J. & Shirreffs, S. M. (2008). Rehydration with drinks differing in sodium concentration and recovery from moderate exercise-induced hypohydration in man. *European Journal of Applied Physiology*, *103*(5), 585–594.

Mitchell, J. B., Phillips, M. D., Mercer, S. P., Baylies, H. L. & Pizza, F. X.(2000). Postexercise rehydration: effect of Na and volume on restoration of fluid spaces and cardiovascular function. *Journal of Applied Physiology*, *89*, 1302–1309.

Murray, R. & Stofan, J. (2000). Formulating carbohydrate-electrolyte drinks for optimal efficacy. In: Maughan, R.J & Murray, R. (Ed) Sports Drinks: basic Science and Practical Aspects (197-223). Boca Raton-Florida US.: CRC Press, Pag 205.

Nadel, E.R., Mack, G.W. & Nose, H. (1990). Influence of fluid replacement beverages on body fluid homeostasis during exercise and recovery. In: Lamb, D.R & Gisolfi, C.V., eds. Perspectives in exercise science and sports medicine. Fluid homeostasis during exercise. *Carmel: Benchmark Press*, *3*, 181-205.

Noakes, T. D. & Martin, D. E. (2002). IMMDA advisory statement on guidelines for fluid replacement during marathon running. *New Studies in Athletics*, *17*, 15-24.

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 subjetcs. *Nigerian Journal of Physiological Sciences*, *24*, 25-32.

Osterberg, K. L., Horswill, C. A. & Baker, L. B.(2009). Pregame urine specific gravity and fluid intake by National Basketball Association players during competition. *Journal of Athletic Training*, *44*, 53-7.

Passe, D. (2000). Physiological and psychological of fluid intake. In: Maughan, R.J & Murray, R. (Ed.) Sports Drinks: basic Science and Practical Aspects (pp 45-87). Boca Raton-Florida US.: CRC Press.

Passe, D., Honr, 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*, 284-295.

Passe D., Stofan J., Rowe C., Horswill C. & Murray, R. (2009). Exercise condition affects hedonic responses to sodium in a sport drink. *Appetite*, *52*(3), 561-567.

Pérez-Idárraga y Aragón-Vargas (2010) Rehidratación post-ejercicio con agua de coco: ¿igual o más efectiva que una bebida deportiva? *MH Salud*, *8*(1), . Recuperado el 6 de diciembre de 2011 de http://www.una.ac.cr/mhsalud/index.php?option=com_booklibrary&task=view&id=54&catid=107&Itemid=41.

Rivera-Brown, A. M., Gutiérrez, R., Gutiérrez, J. C., Frontera, W. R., and Bar-Or, O. (1999). Drink composition, voluntary drinking, and fluid balance in exercising, trained, heat-acclimatized boys. *Journal of Applied Physiology, 86*(1), 78–84.

Rolle, R. S. (2007). Good Practice for the Small-scale Production on Bottled Coconut Water. Agricultural and Food Engineering Training and Resource Materials. [*Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO*].

Saat, M., Singh, R., Sirisinghe, R. G. G. & Nawawi, M. (2002). Rehydration after exercise with fresh young coconut water, carbohydrate-electrolyte beverage and plain water. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*, *21*(2), 93–104.

Sawka, M., Burke, L. Eichner, R., Maughan, R., Montain, S., & Stachenfeld, N. (2007). American College of Sports Medicine Position Stand: Exercise and Fluid Replacement. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 39*(2), 377-390.

Shafiee, M. A., Charest, A. F., Cheema-Dhadli, S., Glick, D. N., Napolova, O., Roozbeh, J., et al. (2005). Defining conditions that lead to the retention of water: The importance of the arterial sodium concentration. *Kidney International, 67*, 613–621.

Shirreffs, S.M. (2001). Restoration of fluid and electrolyte balance after exercise. *Canadian Society for Exercise Physiology, 26*, S228-S235.

Shirreffs, S. M., Aragon-Vargas, L. F., Keil, M., Love, T. D., & Phillips, S. (2007). Rehydration after exercise in the heat: a comparison of 4 commonly used drinks. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, *17*(3), 244-258.

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*, 57-63.

Shirreffs, S. M., & Maughan, R. J. (1997). Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of alcohol consumption. *Journal of Applied Physiology*, *83*(4), 1152-1158.

Shirreffs, S. M. & Maugham, R. J. (1998) Volume repletion following exercise-induced volume depletion in man: replacement of water and sodium losses. *American Journal of Physiology*, *274*, 868-875.

Shirreffs, S. M., Taylor, A. J., Leiper, J. B., & Maughan, R. J. (1996). Post-exercise rehydration in man: effects of volume consumed and drink sodium content. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *28*(10), 1260-1271.

Sun, J. M., Chia, J. K., Aziz, A. R., & Tan, B. (2008). Dehydration rates and rehydration efficacy of water and sports drink during one hour of moderate intensity exercise in well-trained flatwater kayakers. *Annals of the Academy of Medicine, Singapore, 37*(4), 261-265.

Vigliar, R., Sdepanian, V. & Fagundes-Neto, U. (2006). Biochemical profile of coconut water from coconut palms planted in an inland region. *Jornal de Pediatría, 82*(4), 308-12.

Villanueva, N. D., Petenate, A. J. & Da Silva, M. A. D. (2005). Performance of the hybrid hedonic scale as compared to the traditional hedonic, self-adjusting and ranking scales. *Food Quality and Preference-Elsevier, 16*, 691-703.

Volpe, S. L., Poule, K. A., & Bland, E. G. (2009). Estimation of prepractice hydration status of National Collegiate Athletic Association Division I Athletes. *Journal of Athletic Training, 44*(6), 624-629.

Wang, W. & Giebisch, G. (2009). Regulation of potassium (K) handling in the renal collectiong duct. *European Journal of Physiology, 458*, 157-168

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*, 727-734.

Wilmore, J. H., Morton, A. R., Gilbey, H. J. & Wood, R. J. (1998). Role of taste preference on fluid intake during and after 90 min of running at 60% of Vo_2max in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise, 30*(4), 587–595.

World Health Organization.(2006). *Oral rehydration salts production of the new ORS.* Geneva, Switzerland. Pages: 123 [http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_FCH_CAH_06.1.pdf]. Recuperated on: 15/05/2010.

Yawata, T. (1990). Effect of potassium solution on rehydration in rats: comparison with sodium solution and water. *The Japanese Journal of Physiology, 40*(3), 369-381.