

Monograph

Consumo de Bebidas Deportivas Carbonatadas y No Carbonatadas durante Ejercicio Prolongado en la Cinta en el Calor

Carl V Gisolfi¹, Alan J Ryan¹ y Amy E Navarre¹

¹Departamento de Ciencias del Ejercicio, Universidad de Iowa, Iowa, IA 52242

RESUMEN

Estos estudios fueron hechos para determinar el efecto de carbonatación y de los contenidos de carbohidratos, tanto sobre el vaciamiento gástrico, como sobre los efectos de beber "ad libitum", durante pruebas de esfuerzo en cinta ergométrica en ambientes calurosos. Se usaron 4 test con bebidas: a) con 6% de carbohidratos, no carbonatada; b) con 6% de carbohidratos, carbonatada; c) con 10% de carbohidratos, no carbonatada; y d) con 10% de carbohidratos, carbonatada. Para los estudios de vaciamiento gástrico, los sujetos completaron cuatro carreras en cinta, durante 1 hora, en el calor. Se les dio 400 ml de la bebida de prueba al minuto cero, y 200 ml a los 15, 30, y 45 minutos del ejercicio. Para los estudios con bebidas "ad libitum", los sujetos completaron cuatro carreras en cinta, durante 2 hs, en el calor. Los volúmenes gástricos residuales fueron similares durante los cuatro tests de una hora. Durante los tests de dos horas, la bebida "ad libitum" de las cuatro soluciones fue también similar. Los valores medios para la tasa de sudoración, el porcentaje de pérdida de peso corporal, y el porcentaje de fluidos reemplazados por la bebida "ad libitum", fueron similares para las cuatro pruebas. También se observaron cambios similares en la frecuencia cardíaca, en la temperatura rectal, y en el grado de percepción del esfuerzo (escala de Borg), durante los cuatro tests de dos horas en la cinta. Concluimos que la presencia de una bebida carbohidratada carbonatada no tuvo un efecto significativo en el vaciamiento gástrico o en la aptitud de beber "ad libitum".

Palabras Clave: vaciamiento gástrico, bebida deportiva, rendimiento, clima cálido

INTRODUCCION

El consumo adecuado de fluidos se considera como una medida preventiva primaria contra la aparición de lesiones por calor durante el ejercicio prolongado en ambientes cálidos. Durante entrenamientos físicos y eventos competitivos, los atletas experimentan comúnmente pérdidas de fluidos corporales, en un rango de 2.5 a 7.0% del peso corporal, y la temperatura central del cuerpo excede los 40.0 °C (11, 23, 34). El consumo inadecuado de fluidos durante el entrenamiento físico y/o competición puede predisponer al atleta hacia lesiones por calor al reducir su porcentaje de sudoración (31), de flujo de sangre de la piel (8), y de vaciamiento gástrico de fluidos (21, 22), y al incrementar el grado de deshidratación y el aumento excesivo en la temperatura central corporal (11). Sorpresivamente, los factores que influyen la cantidad de fluidos ingeridos durante el ejercicio no son, actualmente, bien comprendidos (13).

Típicamente, los hombres que trabajan en el calor no beberán los fluidos suficientes para reemplazar el agua perdida por el sudor (1, 5, 12, 32). Este fenómeno, llamado deshidratación voluntaria, puede deberse a una inadecuación del mecanismo de la sed para detectar y corregir los déficit de fluidos (1, 12, 13). Los factores que pueden influenciar en el grado de deshidratación voluntaria incluyen señales orofaríngeas (3, 7), el grado de distensión gástrica (28), y la percepción de la sed (13, 30). Pocos estudios han examinado los factores relacionados con la deshidratación voluntaria durante el ejercicio en el calor (13). Hubbard et al. (13) demostraron que el grado de una deshidratación voluntaria sostenida durante una caminata simulada por el desierto de 14.5 km (40°C db, 26°C wb), puede ser marcadamente reducida refrescando con agua y saboreando la misma. En contraste, Carter y Gisolfi (5) reportaron que sus sujetos tendieron a beber más agua que una bebida con carbohidratos y electrolitos al 7.5%, durante un ejercicio en bicicleta (al 60% VO₂ máx.) en el calor.

La tasa de vaciamiento gástrico es un factor que puede afectar la cantidad de fluidos ingeridos durante el ejercicio. La tasa del vaciamiento de fluidos desde el estómago está directamente relacionada con el volumen de bebida (presión intragástrica) e inversamente relacionada con la osmolaridad de la bebida y a su densidad calórica. Durante el ejercicio, la ingestión repetida de bebidas deportivas ayudará a mantener los porcentajes de vaciamiento gástrico bastante altos (25, 29), presumiblemente como resultado del mantenimiento de presiones intragástricas elevadas (6). Durante el ejercicio en ambientes calurosos, la ingestión repetida de fluidos es esencial para prevenir la deshidratación y la hipertermia, y con ello, oponerse a la reducción de la tasa de vaciamiento gástrico que es consecuencia de los efectos descriptos. (21, 22).

Los factores que contribuyen a dejar de beber durante el ejercicio son desconocidos: sin embargo, la sensación de estómago lleno (presión intragástrica elevada), puede contribuir a que los humanos dejen de beber durante el descanso (28). Por eso, tres factores que tienen un potencial efecto en el beber "ad libitum" durante el ejercicio en el calor, incluyen la palatabilidad de la bebida (o sabor), la composición de la misma, y la presencia de carbonatación. La carbonatación podría influenciar el comportamiento de la ingesta, alterando el sabor de la bebida, la sensación de estómago lleno (presión intragástrica), y/o el vaciamiento gástrico.

Los presentes estudios fueron diseñados para examinar la influencia de la carbonatación y el contenido de carbohidratos (CHO), tanto en el vaciamiento gástrico como en el beber "ad libitum", durante el ejercicio prolongado en cinta a intensidad moderada (60-65% VO₂ máx.), en el calor. Para nuestro conocimiento, hay escasa información disponible acerca del efecto de la carbonatación sobre el estímulo de beber "ad libitum" durante el ejercicio.

MÉTODOS

Nueve hombres en estado de salud normal (edades: 19 a 40 años) fueron voluntarios para participar en estos estudios. Cada uno fue informado de los procedimientos del experimento y firmaron su consentimiento. Antes de las pruebas experimentales, cada sujeto completó: a) un test de capacidad aeróbica máxima (VO₂ máx.); b) un test para identificar la velocidad de cinta requerida para lograr un 60-65% VO₂ máx.; y c) un protocolo de aclimatación al calor. Para determinar el VO₂ máx., cada sujeto corrió a una velocidad inicial de cinta de 8 km/hora, con una pendiente del 2%: de allí en adelante con intervalos de dos minutos, la velocidad de la cinta y la inclinación fueron aumentadas en 0.8 km/h y un 2%, respectivamente. La capacidad aeróbica máxima se identificó por la aparición de una meseta (o plateau) de VO₂, ante incrementos repetidos de intensidad de ejercicio, y ante un cociente respiratorio mayor de 1.0.

Para determinar la velocidad de cinta requerida para lograr 60 o 65% de VO₂ máx., cada sujeto corrió a velocidades preseleccionadas por 6 min, y su VO₂ fue medido durante los últimos 3' de cada intervalos. Para inducir la aclimatación al "3" de calor, cada sujeto realizó cinco a siete carreras en cinta de dos horas (aproximadamente 60% del VO₂ máx.), en el calor (32-35°C db, 15-25% rh). Las exposiciones al calor fueron desarrolladas en días diferentes, dentro de un periodo de 14 días.

Las cuatro bebidas de prueba usadas en este estudio fueron bebida carbohidratada al 6%, no carbonatada (6% NC); bebida carbohidratada al 6%, carbonatada (6% C); bebida carbohidratada al 10%, no carbonatada (10% NC), y bebida carbohidratada al 10%, carbonatada (10% C). Las bebidas 6% NC y 6% C contenían sucrosa y glucosa, mientras que las bebidas 10% NC y 10% C contenían un jarabe de maíz rico en fructosa (Tabla 1). Se analizó el Na⁺ y K⁺ de las bebidas (Instrumentation Laboratory, Model 943) y su osmolaridad (Wescor, Model 5300). Se cuantificó la carbonatación de las bebidas usando un Model D-T Piercing Device (Terris-Consolidated Industries, Inc., Asbury Park, NJ). En síntesis, una botella tapada conteniendo 250 ml de bebida fue ubicada dentro de un dispositivo, perforado por un medidor de presión. El dispositivo y la bebida fueron, luego, sacudidos hasta un punto en el cual no se observaron más incrementos de presión. La cantidad de carbonatación se determinó a través de los volúmenes de presión de gas por volumen de líquido (Tabla 1).

Los experimentos se realizaron usando un diseño balanceado bajo condiciones de estudio simple ciego. Se pidió a los sujetos que limitaran sus ejercicios durante un período de 24 horas anteriores a los experimentos. También se los alentó a que bebieran, por lo menos 1 litro de fluido, la noche anterior a las pruebas para asegurar la hidratación. Cada sujeto realizó los experimentos a la misma hora del día, después de ayunos de 8 a 10 horas.

Bebida	Tipo de CHO	Na ⁺ (mEq/l)	K ⁺ (mEq/l)	Osmolaridad (mOsm/kg)	Carbonatación (volúmenes)
6% NC	Sucrosa, glucosa	21.1	2.8	373	0
6% C	Sucrosa, glucosa	20.0	3.0	355	2.3
10% NC	Jarabe c/fructosa de maíz/sucrosa	2.6	0.01	622	0
10% C	Jarabe c/fructosa de maíz/sucrosa	11.5	4.5	608	2.0

Tabla 1. Composición de las cuatro bebidas del test.

Estudios sobre Vaciamiento Gástrico

Seis sujetos (VO_2 máx.= 56.9 ± 4.9 ml.kg⁻¹.min⁻¹) participaron en los experimentos de vaciamiento gástrico. Cada sujeto completó cuatro carreras en cinta de una hora (65% VO_2 máx.), en calor (35°C db, 30% rh), tomando cada vez 6% NC, 6% C, 10% NC o 10% C. Durante cada prueba, se les dio a los sujetos un litro de la bebida de prueba; 400 ml a los 0 min y 200 ml a los 15, 30 y 45 min de carrera. Todas las bebidas de prueba contenían polietilenglicol (PEG), un marcador no absorbible, a una concentración de 7.6 mg/ml. El día del experimento, los sujetos orinaron y luego fueron pesados desnudos (Balanza Acme, ± 10 g). Después de registrar la frecuencia cardíaca de reposo (HR) y la temperatura rectal (Tre), los sujetos fueron introducidos en una cámara ambiental, y luego consumieron los 400 ml de la bebida de prueba (a 4°C de temperatura).

Inmediatamente después de tomar la bebida de prueba, los sujetos subieron a la cinta y corrieron a una velocidad preseleccionada. Se registró la frecuencia cardíaca (ECG) y la Tre (termómetro clínico insertado 7 cm en el recto por dos minutos), a los 20, 40 y 60 min del ejercicio. Se permitió a los sujetos descender de la cinta durante el consumo de las bebidas (para evitar derrames), y para reacomodar la inserción del termómetro clínico. Generalmente, los sujetos requirieron aproximadamente 20 segundos para descender de la cinta, insertar el termómetro y tomar la bebida. Inmediatamente después del ejercicio, al sujeto le fue colocado un tubo nasogástrico (French-Levine, no. 12) dentro del estómago.

Los contenidos gástricos fueron rápidamente extraídos por aspiración con una jeringa de 60 ml; esta remoción fue facilitada por un movimiento sistemático del tubo y por diferentes posiciones del cuerpo que asumieron los sujetos. Este procedimiento fue seguido por una infusión de 60 ml de agua destilada dentro del estómago, la cual se mezcló entonces, completamente con cualquier residuo que hubiese quedado, y luego aspirada otra vez. Entonces, a los sujetos se les extrajo la sonda, se secaron con una toalla y se obtuvo el peso corporal desnudo.

Estudios sobre la Forma de Beber "ad libitum"

Siete sujetos (VO_2 máx.= 61.4 ± 2.3 ml/kg/min) participaron en los experimentos de beber "ad libitum". Cada sujeto completó cuatro carreras en cinta de dos horas (60% VO_2 máx.), en el calor (32°C db, 30% rh) tomando cada vez, 6% NC, 6% C, 10% NC y 10% C. Al reportarse en el laboratorio, los sujetos evacuaron y luego se pesaron desnudos. Después de un período de descanso, se obtuvo HR y Tre, y luego, los sujetos entraron en una cámara ambiental y corrieron en cinta a velocidades predeterminadas. Se midió frecuencia cardíaca (ECG) y Tre (un termómetro clínico insertado 7 cm en el recto, por 2 min) cada 15'. Cada 20' se valoró el rango de percepción al esfuerzo (RPE) (2). Bebidas frías (4°C) se colocaron en recipientes de tergopol, de manera tal que fueran fáciles de alcanzar.

Para mantener la temperatura de la bebida y la carbonatación, se suministraron recipientes abiertos de bebida cada 10-20 min. Se permitió a los sujetos descender de la cinta durante el consumo de bebidas (para evitar derramamientos) y la inserción del termómetro clínico. Inmediatamente después de la carrera de 2 horas, los sujetos se secaron con una toalla y fueron pesados desnudos. Subsecuentemente los sujetos dejaron la cámara ambiental y respondieron a un cuestionario de dos páginas diseñado para proveer evaluaciones subjetivas de las características de las bebidas y síntomas gastrointestinales.

El volumen total residual (Vt) se determinó usando los siguientes cálculos (17): $V_t = V_1 + V_2$; y $P_{inicial} \cdot V_2 = P_{diluido} \cdot (V_2 + V_{H_2O})$; donde P= concentración PEG (mg/ml), V_1 = residuo gástrico (ml) recuperado durante la 1ra. aspiración; V_2 = residuo gástrico (ml) restante después de la 1ra. aspiración y V_{H_2O} = volumen de agua (ml) infundido. El porcentaje del sudor corporal total fue calculado a partir del cambio final en el peso del cuerpo desnudo, corregido por el fluido consumido y la orina evacuada. El porcentaje del peso del cuerpo repuesto fue calculado como: fluido consumido/cambio final en peso del cuerpo + fluido consumido + orina evacuada. El fluido consumido fue determinado por la diferencia de peso del recipiente de la bebida, entre su peso pre-ejercicio y su peso post-ejercicio. Evaluaciones subjetivas de las características de las bebidas fueron cuantificadas usando una escala visual (una línea de 145 mm).

Similares escalas visuales análogas han sido usadas en investigaciones anteriores para cuantificar la percepción de la sed (28, 33). Estos estudios han documentado una estrecha relación entre la osmolaridad del plasma, la liberación de vasopresina, y el comienzo de la sed (33). Preguntas modelo referidas a la escala visual incluyeron preguntas, tales: “no carbonatada/muy carbonatada”, “no dulce/muy dulce”, y “con mucho cuerpo/sin cuerpo”. A los sujetos se les pidió que marcaran un punto sobre la línea para indicar sus respuestas. Las respuestas fueron cuantificadas midiendo la distancia (en mm) de las marcas de los sujetos en la línea de 145 mm, que se extendía de 0 mm (no) a 145 mm (muy). Los síntomas gastrointestinales recolectados incluyeron cólicos abdominales, puntada de costado, y diarrea.

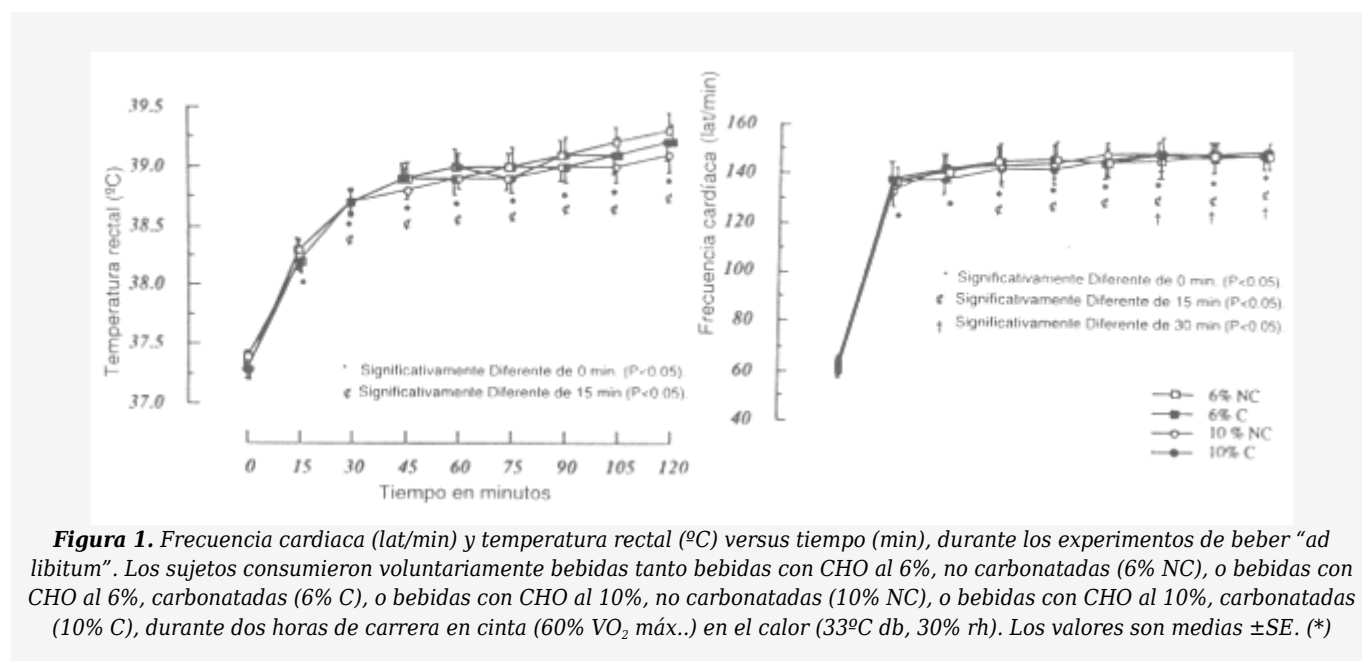
Los datos fueron analizados utilizando análisis de variancia a una vía o a dos vías (one-way or two-way ANOVA), con mediciones repetidas. Las diferencias significativas identificadas por estos análisis fueron determinadas usando el test de Scheffé. Los datos son expresados como media +/- error estándar.

Datos no paramétricos (frecuencia de los trastornos gastrointestinales) se analizaron usando el test de chi cuadrado. El nivel de significancia para todas las comparaciones fue de $p < 0.05$.

RESULTADOS

Estudios sobre Vaciamiento Gástrico

La ingestión de 1.0 l de la bebida 6% NC, 6% C, 10% NC o 10% C, durante las pruebas en cinta de 1 hora, en calor, generó similares ($p > 0.05$) volúmenes gástricos residuales (GRV). Los valores de GRV fueron 220 ± 54 ml, 243 ± 79 ml, 376 ± 87 ml y 306 ± 65 ml para las pruebas con 6% NC, 6% C, 10% NC, 10% C, respectivamente. Los valores medios en %, correspondientes al vaciado de bebida fueron 78.0, 75.7, 62.4, y 69.4%. Las cuatro carreras en cinta de 1 hora, también produjeron cambios similares en HR y Tre. Al final del ejercicio, HR tuvo un rango de 152 ± 6 a 156 ± 6 lat/min, y Tre varió de 39.1 ± 0.2 a $39.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$. Los valores de sudor fueron también similares para las cuatro pruebas y variaron de 1.87 ± 0.1 a 2.03 ± 0.2 kg/h.



Diferencias significativas con respecto al min 0 ($P < 0.05$). (ϕ) Diferencias significativas con respecto a los 15 min ($p < 0.05$). (\dagger) Diferencias significativas con respecto a los 30 min ($p < 0.05$).

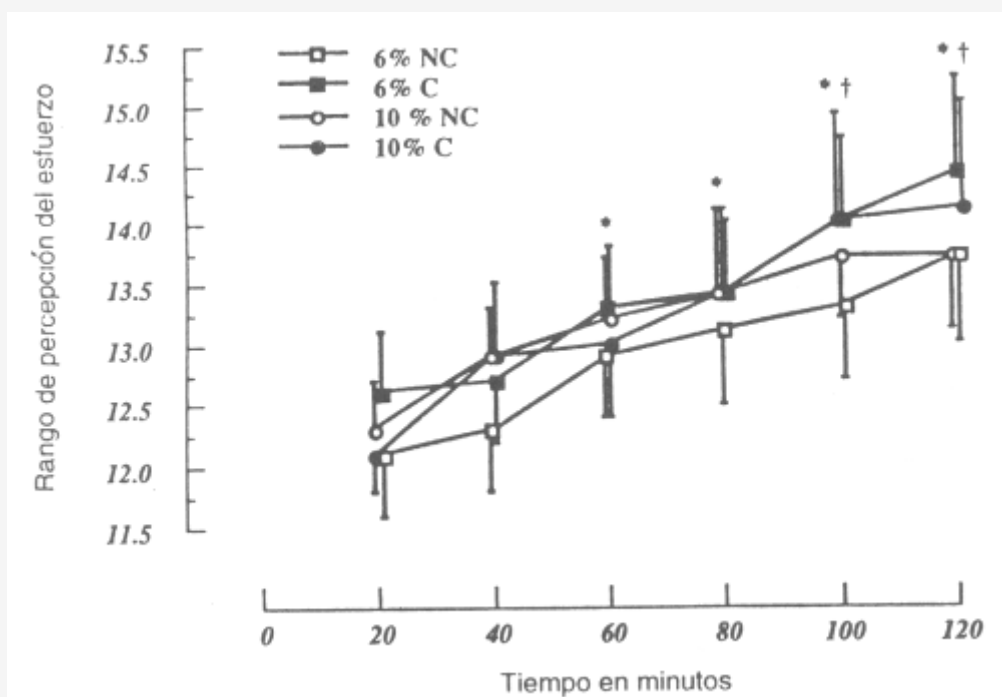


Figura 2. Rangos de la percepción de esfuerzo (RPE) obtenidos durante los experimentos de beber “ad libitum”. Ver la Figura 1 y el texto para detalles adicionales. Los valores son presentados como medias \pm SE. (*) Diferencias significativas con respecto a los 20 min ($p < 0.05$). (\dagger) Diferencias significativas con respecto a los 40 min ($p < 0.05$).

Estudios sobre la Forma de Beber “ad libitum”

Al beber “ad libitum”, las bebidas 6% NC, 6% C, 10% NC y 10% C generaron cambios similares en HR, Tre y RPE, durante los test de dos horas de ejercicio en cinta. La media de HR se incrementó ($p < 0.05$) 75 lat/min durante los primeros 30’ de ejercicio, y continuo subiendo lentamente a través de los períodos de ejercicio de dos horas (Figura 1). En forma semejante, la media de Tc se incrementó ($p < 0.05$) marcadamente ($+ 1.2^{\circ}\text{C}$), durante los primeros 75’ de ejercicio y luego continuo subiendo lentamente durante los últimos 90’ (Figura 1). El consumo inadecuado de fluidos “ad libitum” puede haber contribuido a un incremento en la percepción del esfuerzo. Como muestra la Figura 2, los valores de RPE se incrementaron ($p < 0.05$) durante los primeros 60’ de ejercicio y aumentaron nuevamente, durante los últimos 20’.

Los sujetos consumieron cantidades similares de bebidas 6% NC, 6% C, 10% NC y 10% C (Figura 3). Los valores medios para el volumen ingerido tendieron a ser más bajos para las pruebas con bebidas carbonatadas, comparadas con las no carbonatadas. Los valores para volúmenes ingeridos estuvieron sujetos a análisis posteriores, para primero combinar los valores de las pruebas, tanto sobre la base de la presencia de carbonatación como de la concentración de carbohidratos, para luego comparar los valores resultantes medios. Este análisis (two-way ANOVA) mostró que el valor medio para la combinación de las pruebas 6% NC + 10% NC (1.55 ± 0.19 kg) fue mayor ($p < 0.05$) que para la combinación de las pruebas 6% C + 10% C (1.06 ± 0.12 kg). En contraste, los valores medios para la combinación de las pruebas 6% C + 6% NC (1.28 ± 0.18 kg) y las pruebas 10% C + 10% NC (1.34 ± 0.17 kg) fueron similares.

El porcentaje de sudor y de pérdida de peso corporal fue similar para las cuatro pruebas de bebidas. Los valores de sudor pasaron de 1.50 ± 0.12 a 1.64 ± 0.12 kg/h, durante las pruebas de 10% C y 6% NC, respectivamente. Comparadas con pruebas de bebidas no carbonatadas, las pruebas carbonatadas tendieron a tener valores medios más bajos para los porcentajes de sudor y valores más altos para los porcentajes de la pérdida de peso corporal (Figura 4). Como se muestra en la Figura 4, el beber “ad libitum” no igualó la cantidad de fluidos perdidos durante el ejercicio. El porcentaje de la pérdida de peso corporal pasó de 2.3 ± 0.8 a $2.0 \pm 0.7\%$ para las pruebas con bebidas 6% NC y 6% C, respectivamente. Los sujetos reemplazaron sólo del 32.0 al 47.7% de la pérdidas de fluidos durante el ejercicio (Figura 4).

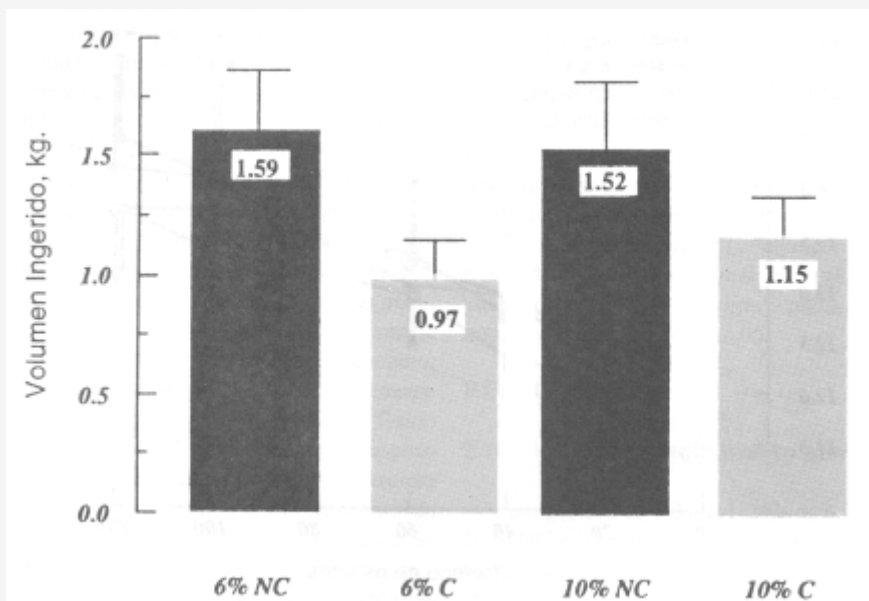


Figura 3. Volumen de bebida ingerida (kg), durante los experimentos de beber “ad libitum”. Remitirse a la Figura 1 para la explicación de los símbolos. Los valores son medias \pm SE.

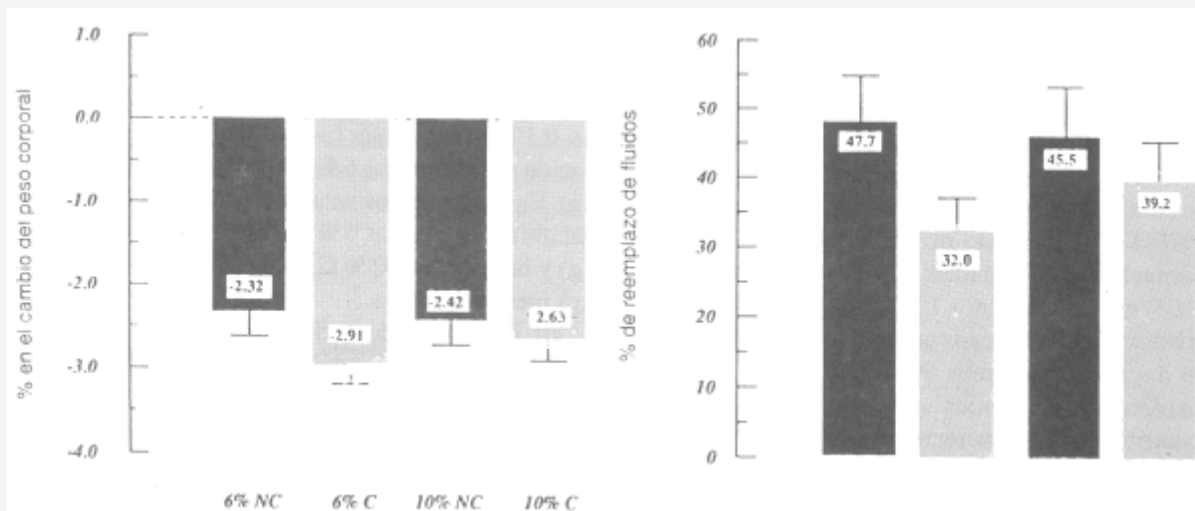


Figura 4. Cambio en el porcentaje del peso del cuerpo (%) y fluido reemplazado (%), durante los experimentos de beber “ad libitum”. Ver Figura 1 y el texto para más explicaciones. Los valores son medias \pm SE.

El análisis de los resultados del cuestionario mostró que todos los sujetos estuvieron capacitados para identificar las bebidas carbonatadas (Figura 5).

La carbonatación de bebidas tendió ($p > 0.05$) a reducir la sensación subjetiva de aplacamiento de la sed, la dulzura, el resabio de sabor, la sensación de sequedad de boca, y la plenitud gástrica (Figura 5). Comparadas con las bebidas con CHO al 6%, las bebidas con CHO al 10% parecieran generar rangos más grandes para la dulzura, el residuo de sabor, la sequedad de boca y la plenitud. Los valores de aceptación, en general, fueron similares ($p > 0.05$) para las cuatro bebidas diferentes. Los % de aceptación fueron los más altos para la bebida 6% NC y los más bajos para la bebida 6% C (Figura 6).

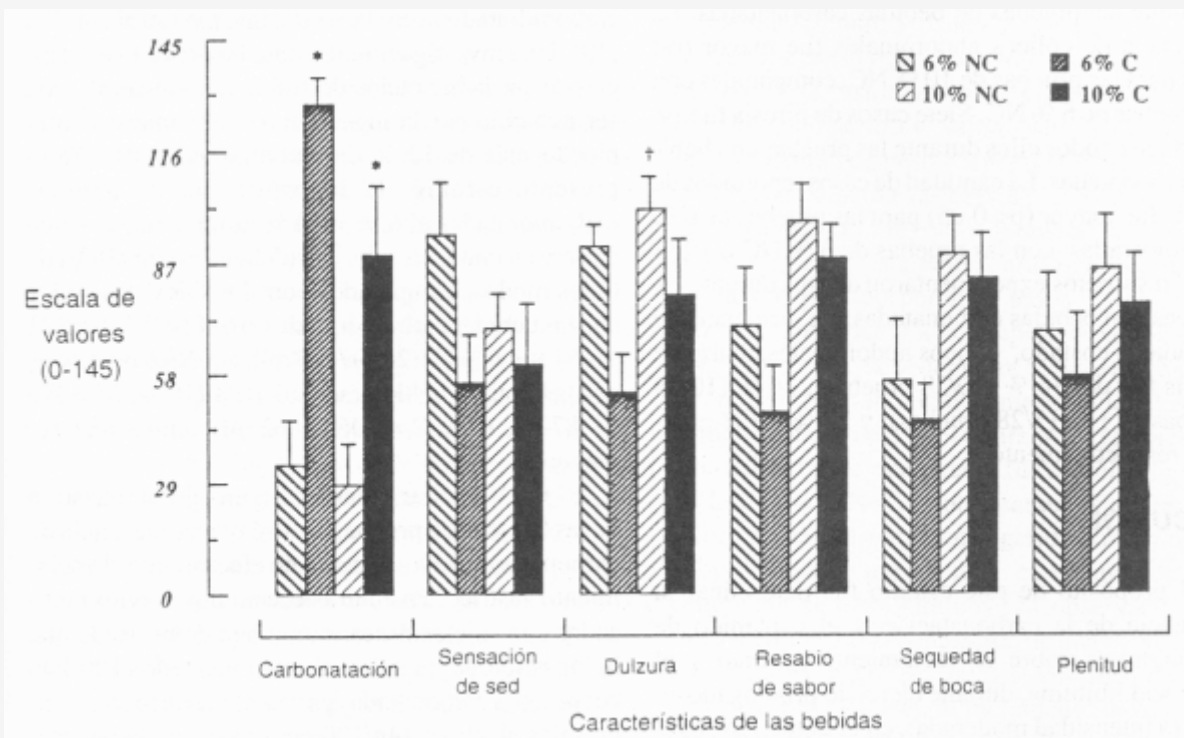


Figura 5. Las sensaciones subjetivas de los sabores de las bebidas, obtenidas después de cuatro carreras en cinta. Valores obtenidos de una escala visual análoga, pasando de 0 mm (no) a 145 mm (muy), para cada sensación subjetiva. Los valores son medias \pm SE. (*) Diferencias significativas con 6% NC y 10% NC ($p < 0.05$). (†) Diferencias significativas con 6% C ($p < 0.05$).

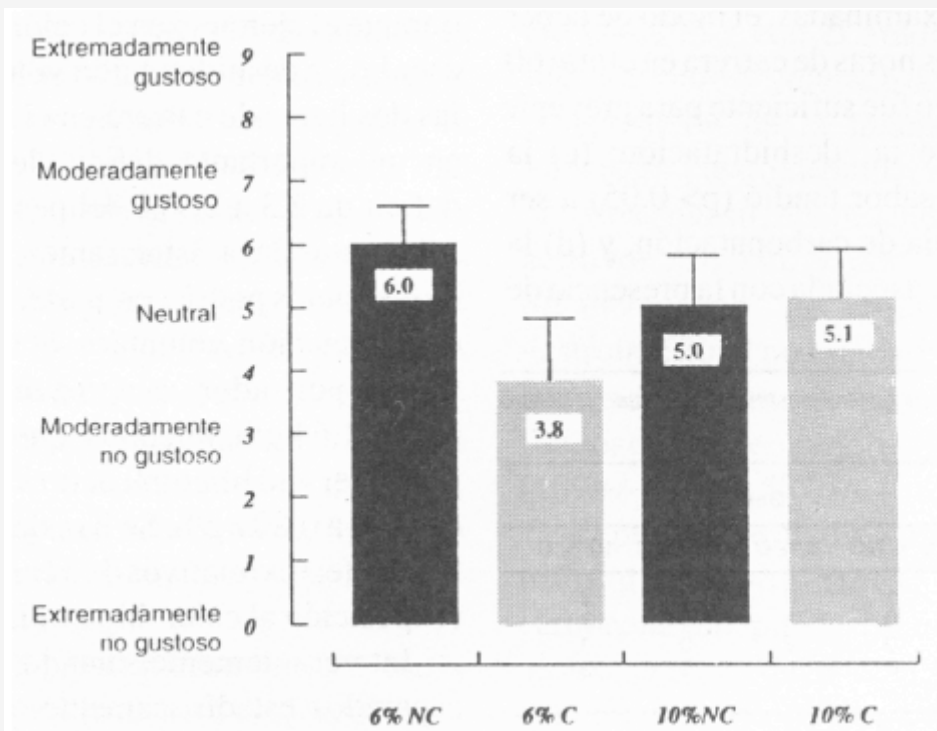


Figura 6. Valores de aceptación general de las cuatro bebidas consumidas, durante los experimentos "ad libitum". Los valores son medias \pm SE.

De las cuatro bebidas testeadas, la bebida de 6% C obtuvo la sensación subjetiva de carbonatación más grande. La frecuencia de trastornos gastrointestinales ocurrió, primariamente, durante las pruebas de carbonatación (Tabla 2). De diez casos de dolor de costado reportados, siete ocurrieron durante las pruebas de bebidas carbonatadas. Diez casos de cólicos abdominales fueron también reportados, ocurriendo 6 durante las pruebas de bebidas carbonatadas. La frecuencia de cólicos abdominales fue mayor ($p < 0.05$) para las pruebas de 10% NC, comparadas con las pruebas de 6% NC. Siete casos de pirosis fueron reportados, todos ellos durante las pruebas con bebidas carbonatadas. La cantidad de casos reportados de pirosis fue mayor ($p < 0.05$) para las pruebas de 6% C, comparadas con las pruebas de 6% NC o 10% NC. Tres sujetos experimentaron diarrea durante las pruebas con bebidas carbonatadas. La incidencia de puntada de costado, cólicos abdominales, diarrea y pirosis fue del 36% (10/28 pruebas), 36% (10/28 pruebas), 11% (3/28 pruebas), y 21% (6/28 pruebas), respectivamente.

DISCUSION

El propósito de este estudio fue determinar la influencia de la carbonatación y el contenido de carbohidratos sobre el vaciamiento gástrico y el beber "ad libitum", durante ejercicio prolongado en cinta (a intensidad moderada), en el calor. Este es el primer estudio que indica cómo la carbonatación influencia en la ingestión voluntaria de fluido. Los hallazgos primarios fueron (a) las cuatro bebidas testeadas resultaron en GRV similar, durante una hora de carrera en cinta (65% VO_2 máx.) en el calor; (b) para todas las bebidas examinadas, el modo de beber "ad libitum" durante dos horas de carrera en cinta (60% VO_2 máx.), en el calor, no fue suficiente para prevenir los efectos adversos de la deshidratación; (c) la sensación subjetiva de sabor tendió ($P < 0.05$) a ser reducida por la presencia de carbonatación, y (d) la frecuencia de pirosis fue asociada con la presencia de carbonatación.

Tipo de trastornos	Bebidas			
	6% NC	6% C	10% NC	10% C
Puntada de costado	1	4	2	3
Cólicos abdominales	0	3	4*	3
Diarrea	0	2	0	1
Pirosis	0	4**	0	3

Tabla 2. Frecuencia de trastornos gastrointestinales durante las cuatro carreras en cinta, durante dos horas. (*) Diferencias significativas con respecto a 6% NC ($p < 0.05$). (**) Diferencias significativas con respecto a 6% NC y 10% NC ($p < 0.05$).

Los logros primarios de reemplazo de fluidos durante el ejercicio en el calor, son la prevención de la deshidratación y la hipertermia. Un logro secundario es suministrar una fuente de carbohidratos exógena para el hígado y el músculo esquelético contraído. La concentración de carbohidratos en una bebida deportiva es importante, porque puede ser un factor determinante en qué cantidad de fluido carbohidratado se envía al intestino para su absorción (19). Una investigación reciente ha provisto evidencias de que la liberación de fluidos al intestino puede ser reducida por la ingestión de soluciones conteniendo más de 12% de carbohidratos (18). En el presente estudio, la ingestión de las bebidas carbohidratadas al 6% y 10% durante una hora de carrera en cinta, en calor, resultó en similar GRV; de todos modos, comparados con los GRV obtenidos con las bebidas carbohidratadas al 6% (6% NC=221±54 ml, 6% C=243±79 ml), aquellos obtenidos con bebidas carbohidratadas al 10% (10% NC=376±87 ml, 10% C= 306±65 ml) tendieron a ser mayores.

El GRV similar obtenido siguiendo la ingestión de las bebidas de prueba, mostró que la presencia de carbonatación tuvo un pequeño efecto sobre el vaciamiento gástrico. En contraste, estudios previos realizados con sujetos descansando han demostrado que la ingestión de un solo volumen pequeño (100-200 cc) de agua carbonatada (gaseosa) o agua conteniendo sales alcalinas (4 g/100 cc, promueve la producción de dióxido de carbono en el estómago) (16), fortalecería el vaciamiento gástrico, cuando se compararon con la ingestión de volúmenes similares de agua o caldo, respectivamente.

Comúnmente la deshidratación voluntaria ocurre durante el ejercicio en el calor (1, 12, 13, 32). En este estudio, la deshidratación voluntaria ocurrió durante las dos horas de carrera en cinta en el calor y resultó en un importante déficit de fluido corporal, con déficit de 2.3 a 2.9% del peso del cuerpo.

La naturaleza “estresante” de estos experimentos de ejercicios podría, en parte, dar cuenta del grado de deshidratación voluntaria observado; la pérdida de fluidos por sudor ocurrió a una tasa de aproximadamente 1.6 kg/h, mientras que el consumo de fluidos por beber “ad libitum” ocurrió a una tasa aproximada de 0.40 a 0.80 kg/h. Se han documentado, largamente, los efectos relativos de 3 condiciones “estresantes” (exposición al calor, hipohidratación, ejercicio) (12).

Interesantemente, cuando los tres factores fueron separados estadísticamente, el ejercicio se mostró como el último en estimular a la ingestión de bebida en forma voluntaria.

Dos factores adicionales relativos al “stress” que pueden haber contribuido a los relativamente bajos consumos de fluidos observados, son el porcentaje de vaciamiento gástrico y distensión gástrica. Se ha demostrado que el “stress” del ejercicio en el calor (21, 22) y de la hipohidratación (21), reducen la tasa del vaciamiento gástrico de líquidos.

La distensión gástrica (sensación de estómago lleno), por otra parte, ha sido citada como un mecanismo primario responsable de la detención de beber en humanos privados de agua (28). Parece razonable sugerir que la reducción en el vaciamiento gástrico asociada con el ejercicio en el calor, especialmente en individuos deshidratados, podría resultar en distensión gástrica y en una reducción en el consumo voluntario de fluidos.

El comportamiento del beber puede ser clasificado como primario o secundario (9). El primario o la necesidad inducida de beber, es gobernada por señales regulatorias generadas por los déficits en el status de los fluidos corporales. En contraste, el beber secundario no es inducido por los déficits de los fluidos del cuerpo, pero parece ser determinado por modelos de comportamiento y por señales orofaríngeas. El ejercicio puede representar una situación en la cual los mecanismos gobernantes del beber primario no están regulados ajustadamente al status del fluido corporal. De acuerdo con estudios previos (1, 5, 13, 34), la presente investigación demostró que importantes déficits de fluido corporal (2.6% del peso corporal), asociado a dos horas de ejercicio en el calor, no son adecuadamente reemplazados por el beber “ad libitum”. Cuando se dio libre acceso al fluido, durante las sesiones de ejercicio de dos horas, los sujetos consumieron un promedio de 1.3 kg.

Este relativamente bajo consumo de fluidos es mayor que los valores previamente reportados para corredores competitivos, quienes consumieron un volumen promedio de 109 ml y 577 ml durante una maratón de 25 km, respectivamente (26). Estos hallazgos revelan una inadecuación del comportamiento primario del beber y subrayan la importancia de promocionar el comportamiento del beber secundario, durante el ejercicio en el calor. La promoción del comportamiento de beber secundario puede ser lograda educando a los atletas acerca de los requerimientos del reemplazo adecuado de fluidos, y suministrando bebidas de reemplazo de fluido apetitosas.

El incremento de la palatabilidad de las bebidas de reemplazo de fluidos disminuirá el alcance de la deshidratación voluntaria durante el ejercicio en el calor (13). El sabor de la bebida puede ser incrementado dándole componentes con sabor, enfriándola, y por la inclusión de electrolitos (3, 13, 19, 30). El efecto de la carbonatación en la palatabilidad de las bebidas durante el ejercicio no ha sido examinado. De todos modos, el presente estudio demuestra que la carbonatación reduce las sensaciones de saciedad de la sed, de dulzura, de resabio de sabor, de sequedad de boca y la sensación de plenitud (Figura 5). Interesantemente, el consumo de bebidas con el más alto grado de carbonatación, la bebida 6% C, resultó en valores promedio bajos para el volumen ingerido y valores altos para el porcentaje de pérdida de peso corporal (Figura 3 y 4).

La comparación de bebidas carbonatadas y no carbonatadas no reveló diferencias significativas ($p > 0.05$) para el volumen ingerido o el porcentaje de pérdida de peso corporal; de todos modos, este hallazgo se pudo deber a la amplia variabilidad en el comportamiento bebedor entre los sujetos. Se reportaron amplias variaciones interindividuales en el comportamiento del beber durante el ejercicio (32). Una debilidad de este estudio fue el tamaño pequeño de la muestra ($n=7$). Interesantemente, cuando la información del volumen ingerido fue combinado sobre la base de presencia de carbonatación o concentración de carbohidratos (14 observaciones/valores medios), la carbonatación de una bebida redujo significativamente ($p < 0.05$) el volumen de bebida ingerida. En contraste, el incremento de concentración de carbohidratos de una bebida de 6% al 10% de carbohidratos no alteró marcadamente su consumo.

Los trastornos gastrointestinales son comunes durante carrera prolongada (4, 14, 26, 27). La incidencia de “estrés” gastrointestinal parece estar directamente relacionada con la intensidad del ejercicio (14, 27) y con el grado de deshidratación. La relación entre el volumen de bebida consumida y/o la composición de la misma en la incidencia del “estrés” gastrointestinal no está bien documentada. Una investigación anterior de corredores competitivos (24 km, y durante carrera de maratón), observó que la frecuencia de “estrés” gastrointestinal no estaba asociada con grandes consumos de fluidos; de todos modos los consumos de fluidos de estos corredores fueron relativamente bajos (109 ± 14 ml y 577 ± 46 ml, respectivamente) (26).

El presente estudio demuestra que el alto contenido de carbohidratos y/o la presencia de carbonatación puede predisponer a un “estrés” gastrointestinal del atleta (Tabla 2). La ingestión de bebidas conteniendo altas concentraciones de fructosa

ha sido asociada con alteraciones gastrointestinales (10). Las bebidas carbonatadas al 10% usadas en este estudio contenían jarabe de maíz, alto en fructosa; el consumo de estas bebidas durante el ejercicio se asoció con 7 de los 10 casos reportados de cólicos abdominales. La ingestión de bebidas carbonatadas durante las sesiones de dos horas de ejercicio, frecuentemente, resultó en eructos y fue asociada con los siete casos reportados de pirosis. Es de interés que los sujetos que se quejaron de la carbonatación fueron los mismos que consumieron las bebidas tomándolas a grandes tragos.

En suma, la presencia de carbonatación en una bebida carbonatada al 6 o al 10% no influyó el comportamiento del beber o el vaciamiento gástrico durante carreras prolongadas en el calor. Los resultados de esta investigación también demostraron que, cuando se da libre acceso a las bebidas deportivas durante la carrera prolongada en el calor, los sujetos, habitualmente, no reemplazan adecuadamente la pérdida de fluidos por sudoración.

REFERENCIAS

1. Armstrong, L.E., R.W. Hubbard, P.C. Szlyk, W.T. Matthew, and I. Sils (1985). Voluntary dehydration and electrolyte losses during prolonged exercise in the heat. *Aviat. Space. Environ. Med.* 56: 765-770
2. Borg, G (1973). Perceived exertion: A note on [history] and methods. *Med. Sci. Sports Exerc.* 5: 90-95
3. Boulze, D., P. Montastruc, and M. Cabanac (1983). Water intake, pleasure and water temperature in humans. *Physiol. Behav.* 30: 97-102
4. Brouns, F., W.H. Saris, and N.J. Rehrer (1987). Abdominal complaints and gastrointestinal function during long-lasting exercise. *Int. J. Sports Med.* 8: 175-189
5. Carter, J.E., and C.V. Gisolfi (1989). Fluid replacement during and after exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21: 532-539
6. Costill, D.L., and B. Saltin (1974). Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J. Appl. Physiol.* 37: 679-683
7. Engell, D.B., O. Maller, M.N. Sawka, R.N. Francesoni, L. Drolet, and A.J. Young (1987). Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiol. Behav.* 40: 229-236
8. Fortney, S.M., C.B. Wenger, J.R. Bove, and E.R. Nadel (1984). Effect of hyperosmolality on control of blood flow and sweating. *J. Appl. Physiol.* 57: 1688-1695
9. Fitzsimons, J.T (1976). The physiological basis of thirst. *Kid. Intern.* 10: 3-11
10. Fruth, J.M., and C.V. Gisolfi (1983). Effects of carbohydrate consumption on endurance performance: Fructose and glucose. In *Nutrient Utilization During Exercise*, E.L. Fox (Ed.), Columbus, OH: Ross Laboratories, pp. 68-77
11. Gisolfi, C.V., and J.R. Copping (1974). Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 6: 108-113
12. Greenleaf, J.E., and F. Sargent (1965). Voluntary dehydration in man. *J. Appl. Physiol.* 20: 719-724
13. Hubbard, R.W., B.L. Sandick, W.T. Matthew, R.P. Francesconi, J.P. Sampson, M.J. Durkot, O. Maller, and D.B. Engell (1984). Voluntary dehydration and alliesthesia for water. *J. Appl. Physiol.* 57: 868-875
14. Keefe, E.B., D.K. Lowe, J.R. Gross, and R. Wayne (1984). Gastrointestinal symptoms of marathon runners. *West J. Med.* 141: 481-48
15. Lolli, G., L.A. Greenberg, and D. Lester (1952). The influence of carbonated water on gastric emptying. *N. Eng. J. Med.* 246: 490-492
16. Lolli, G., and R. Smith (1946). Effervescent mixtures as adjuvants to the rapid absorption of ingested drugs. *N. Eng. J. Med.* 235: 80-84
17. Malawer, S.J., and D.W. Powell (1967). An Improved turbidimetric analysis of polyethylene glycol utilizing an emulsifier. *Gastroenter.* 53: 250-256
18. Mitchell, J.B., D.L. Costill, J.A. Houmard, W.J. Fink, R.A. Robergs, and J.A. Davis (1989). Gastric emptying: Influence of prolonged exercise and carbohydrate concentration. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21: 269-274
19. Murray, R (1987). The effects of consuming carbohydrate-electrolyte beverages on gastric emptying and fluid absorption during and following exercise. *Sports Med.* 4: 322-351
20. Murray, R., D.E. Eddy, T.W. Murray, J.G. Seifert, G.L. Paul, and G.A. Halaby (1987). The effect of fluid and carbohydrate feedings during intermittent cycling exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 19: 597-604
21. Neuffer, P.D., A.J. Young, and M.N. Sawka (1989). Gastric emptying during exercise: Effects of heat stress and hypohydration. *Eur. J. Appl. Physiol.* 58: 433-439
22. Owen, M.D., K.C. Kregel, P.T. Wall, and C.V. Gisolfi (1986). Effects of ingesting carbohydrate beverages during exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18: 568-575
23. Pugh, L.G., J.L. Corbett, and R.H. Johnson (1967). Rectal temperatures, weight losses, and sweat rates in marathon running. *J. Appl. Physiol.* 23: 347-352
24. Rehrer, N.J., E.J. Beckers, F. Brouns, F. Ten Hoor, and W.H. Saris (1990). Effects of dehydration on gastric emptying and gastrointestinal distress while running. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22: 790-795
25. Rehrer, N.J., F. Brouns, E.J. Beckers, F.T. Hoor, and W.H.M. Saris (1990). Gastric emptying with repeated drinking during running and bicycling. *Int. J. Sports Med.* 11: 238-243
26. Rehrer, N.J., G.M. Janssen, F. Brouns, and H.M. Saris (1989). Fluid intake and gastrointestinal problems in runners competing in a 25-Km race and marathon. *Int. J. Sports Med.* 10: S 22-S 25

27. Riddoch, C., and T. Trinick (1988). Gastrointestinal disturbances in marathon runners. *Brit. J. Sports Med.* 22: 71-74
28. Rolls, B.J., R.J. Wood, E.T. Rolls, H. Lind, W. Lind, and J.G. Ledingham (1980). Thirst following water deprivation in humans. *Am. J. Physiol.* 239: R 476-R 482
29. Ryan, A.J., T.L. Bleiler, J.E. Carter, and C.V. Gisolfi (1989). Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat. *Med. Sci. Sports Exerc.* 21: 51-58
30. Sandick, B.L., D.B. Engell, and O. Maller (1984). Perception of drinking water temperature and effects for humans after exercise. *Physiol. Behav.* 32: 851-855
31. Sawka, M.N., A.J. Young, R.P. Francesconi, S.R. Muza, and K.B. Pandolf (1985). Thermoregulatory and blood responses during exercise at graded hypohydration levels. *J. Appl. Physiol.* 59: 1394-1401
32. Szlyk, P.C., I. Sils, R.P. Francesconi, R.W. Hubbard, and W.T. Matthew (1989). Variability in intake and dehydration in young men during a simulated desert walk. *Aviat. Space Environ. Med.* 60: 422-427
33. Thompson, C.J., J. Bland, J. Burd, and P.H. Baylis (1986). The osmotic thresholds for thirst and vasopressin release are similar in healthy man. *Clin. Sci.* 71: 651-656
34. Wyndham, C.H., and N.B. Strydom (1969). The danger of inadequate water intake during marathon running. *S. Afri. J.* 43: 893-896

Cita Original

Alan J. Ryan, Amy E. Navarre, y Carl V. Gisolfi. Consumo de Bebidas Deportivas Carbonatadas y No Carbonatadas Durante Ejercicio Prolongado en la Cinta en el Calor. Reproducido del artículo original publicado en *International Journal of Sport Nutrition*, Vol. 1, pp. 225-239, 1991.