PubliCE, (PubliCE) 1994

Monograph

# Ingesta de Carbohidratos y Fluidos durante el Ejercicio: ¿Existen Interacciones Opuestas?

Edward F Coyle[1] y Scott J Montain[1]

[1]*Human Performance Laboratory, Department of Kinesiology and Health Education, The University of Texas at Austin, TX 78712, Estados Unidos.*

## RESUMEN

El ejercicio intenso (por encima del 60% del $VO_2$ máx.), puede ser mantenido por largo tiempo si se tienen suficientes reservas de carbohidratos disponibles para utilizar como energía y si el calor generado por el metabolismo muscular no causa una excesiva hipertermia y/o deshidratación ocasionada por la transpiración. Es evidentemente claro, que la gente debiera ingerir carbohidratos durante ejercicios prolongados (más de 1-2 horas), esfuerzos que causan fatiga debido a un inadecuado suministro de glucosa sanguínea, y que también debieran tomar líquidos para evitar la deshidratación y reducir la hipertermia. La ingesta de aproximadamente 30-60 g de carbohidratos (glucosa, sucrosa, o almidón), durante cada hora de ejercicio, en general será suficiente para mantener la oxidación de la glucosa sanguínea y para demorar la fatiga. Debido a que el promedio de las tasas de vaciado gástrico y absorción intestinal, pueden llegar a l $L.h^{-1}$ de agua y soluciones que contengan hasta el 8% de carbohidratos, las personas que hacen ejercicio pueden suplementarse, tanto con carbohidratos como con fluidos, a tasas relativamente altas (por encima de 60 $g.h^{-1}$ de carbohidratos y l $L.h^{-1}$ de fluidos). Por lo tanto, cuando la tasa de sudoración no es alta (menos de l $L.h^{-1}$), la adición de carbohidratos a los fluidos y, y viceversa, no previene una adecuada suplementación de cada uno, especialmente si se consumen grandes volúmenes para mantener el estómago algo lleno y, por lo tanto, aumentar el vaciado gástrico. Por lo tanto, en la mayoría de las situaciones, no existen interacciones opuestas entre fluidos y carbohidratos. Sin embargo, la literatura científica presenta, sorpresivamente, pocos datos directos con respecto a los límites hasta los cuales la reposición de fluidos durante el ejercicio debería igualar la tasa de sudoración, para compensar los cambios cardiovasculares y la hipertermia, cuando la transpiración alcanza o excede l $L.h^{-1}$ y la hipertermia es común. Por lo tanto, no es posible hasta el momento dar recomendaciones científicas acerca del régimen óptimo para la reposición de fluidos, el que puede variar entre las personas, debido a la elevada variabilidad interindividual en la tasa de vaciado gástrico. Aún permanece sin determinar, si los beneficios de la alta ingesta de fluidos durante un ejercicio continuo (600-1200 $ml.h^{-1}$), pueden evitar la interrupción del ejercicio y evitar el malestar que esto pueda ocasionar.

**Palabras Clave:** ergogenia, suplementación, glucosa, deshidratación, fatiga

## INTRODUCCION

Un ejercicio intenso puede ser mantenido durante períodos prolongados, siempre y cuando el calor generado por el metabolismo muscular no aumente la temperatura del cuerpo, a niveles que cause fatiga, y cuando se tengan suficientes carbohidratos disponibles para energía. El calor producido durante el ejercicio es, principalmente, disipado por la

evaporación del sudor. La deshidratación, como consecuencia de pérdida de agua corporal debido a la transpiración, perjudica el proceso de disipación del calor, dando como resultado temperaturas corporales elevadas y reducción en la performance deportiva (45). Sin embargo, ingiriendo fluido durante el ejercicio, es posible atenuar los efectos nocivos de la deshidratación sobre la temperatura corporal y el rendimiento deportivo. El agregado de carbohidratos a las bebidas para reposición de fluidos, también es importante, porque provee carbohidratos para las etapas finales en el ejercicio, cuando a menudo existe un aporte inadecuado de carbohidratos endógenos, provenientes del hígado y de la sangre, para cubrir los requerimientos energéticos del esfuerzo (12). Por lo tanto, en un esfuerzo por reducir la fatiga, y mejorar la performance durante ejercicios prolongados, puede ser beneficioso ingerir tanto fluidos como carbohidratos. La tarea difícil es decidir la cantidad óptima de ingesta de estos elementos en relación a una determinada actividad. En teoría, el conocimiento de los requerimientos, tanto de líquidos como de carbohidratos para un ejercicio, determinará el volumen de ingesta de fluidos por hora de ejercicio, y la concentración de carbohidratos en la bebida. Sin embargo, también se debe prestar atención a la posibilidad de que grandes cantidades de líquido puedan perjudicar la asimilación de los carbohidratos y que las soluciones con altas concentraciones de carbohidratos puedan perjudicar la absorción de líquidos, por un alto valor osmolar en el lumen digestivo.

En nuestra opinión, actualmente se dispone de suficiente información para estimar, razonablemente, la tasa de carbohidratos que se debe ingerir para demorar la fatiga durante ejercicios prolongados e intensos (12). Sin embargo, la literatura presente contiene menos información acerca de la magnitud que debería alcanzar la ingesta de fluidos, para compensar la deshidratación durante un ejercicio prolongado. Esta última situación nos impide, hasta el presente, brindar recomendaciones prácticas específicas que tengan validez científica. El Colegio Americano de Medicina Deportiva recomienda, actualmente, que los corredores tomen 100-200 ml de líquidos, cada 2-3 km de carrera (2). Esta recomendación muy general, da poca información útil al atleta, ya que en los extremos, puede ser interpretada como que sugiere que es permisible, para los corredores lentos (10 $km.h^{-1}$) beber sólo 330 $ml.h^{-1}$, mientras que para los corredores más veloces puede interpretarse que podrían beber hasta 2000 $ml.h^{-1}$.

El propósito de este artículo es hacer una revisión de la literatura, en relación con la necesidad de reposición de fluidos y suplementación de carbohidratos durante ejercicios prolongados, y discutir si puede haber interferencias en la obtención, tanto de reposición óptima de fluidos como adecuada suplementación de carbohidratos. Nuestro enfoque será, primero, presentar la información pertinente a la suplementación de carbohidratos durante el ejercicio prolongado. Luego, haremos una revisión de lo conocido hasta el momento, acerca de la reposición de fluidos durante la deshidratación inducida por el ejercicio. Finalmente, discutiremos si hay interferencias entre la obtención óptima de la reposición de fluidos y la suplementación de carbohidratos durante ejercicios prolongados. Se debe destacar que todas las recomendaciones están hechas para una persona que pese 70 kg, y que la generalización para una persona de diferente peso corporal requerirá de cálculos acordes a su peso, y a las diferencias con este peso hipotético de 70 kg.

## INGESTA DE CARBOHIDRATOS DURANTE EJERCICIOS INTENSOS PROLONGADOS

El principal propósito del consumo de carbohidratos durante ejercicios continuos e intensos es mantener la concentración de glucosa sanguínea y la oxidación de carbohidratos durante las últimas etapas del ejercicio prolongado (12, 15) (Figura 1). Cuando se provee suplementación de carbohidratos durante ejercicios prolongados de intensidad moderada, los deportistas pueden ejercitar por más tiempo y producir mayor potencia durante esfuerzos de corta duración, al final del ejercicio (12). Por lo tanto, la suplementación de carbohidratos se recomienda cuando un ejercicio pueda depletar las reservas de carbohidratos endógenos, reduciendo así la performance.

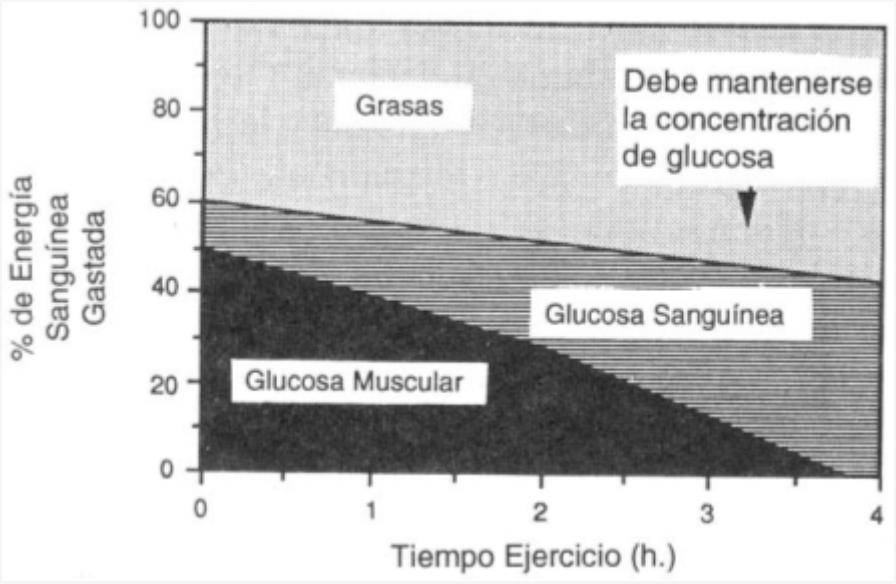



***Figura 1.*** *Fuentes de energía durante pedaleo al 70% del $VO_2$ máx.. En las últimas etapas del ejercicio, cuando el glucógeno muscular es bajo, los carbohidratos ingeridos mantienen la concentración de glucosa sanguínea y se convierten en la principal fuente de energía de carbohidratos.*

**Tipos de Carbohidratos**

Los estudios que han determinado en forma directa, los efectos de la ingesta de glucosa comparada con maltodextrinas o sucrosa, durante el ejercicio, ya sea sola o combinada, han encontrado pocas diferencias entre estos carbohidratos, en términos de su capacidad para mantener la concentración de glucosa sanguínea y/o oxidación de carbohidratos, o de su capacidad para mejorar la performance (6,31,38,44). Las maltodextrinas se han transformado en una forma popular de carbohidratos, en la composición de las bebidas deportivas. Probablemente, la razón principal para incluir maltodextrinas, en comparación con glucosa o sucrosa, es que no tienen un sabor dulce, haciendo que las soluciones que contienen más de 10% de carbohidratos tengan mejor sabor. Parece que los carbohidratos en forma sólida, cuando se suplementan con ingesta de agua, producen una respuesta similar que con carbohidratos líquidos (20,25). Sin embargo, la mayoría de los atletas prefieren la forma líquida, ya que es más fácil de ingerir y también compensa la deshidratación.

**Tasa de Ingesta de Carbohidratos**

La mayoría de los estudios que han reportado que la ingesta de carbohidratos durante el ejercicio puede mejorar la performance, han suministrado a los sujetos 25-60 g de carbohidratos por cada hora de ejercicio (12, 39), a pesar de que en algunos estudios han provisto más (15). Estas tasas de suplementación han brindado 45-60 g adicionales de carbohidratos, necesarios para mantener la oxidación de la glucosa sanguínea, durante las últimas etapas del ejercicio (12). Estas observaciones concuerdan con la conclusión que la tasa de infusión de glucosa intravenosa requerida para realmacenar y mantener la disponibilidad de glucosa sanguínea y oxidación de carbohidratos, está por encima de l g.min-1 (10). Debido a que la fatiga fue demorada cerca de 45 minutos, 45-60 g de glucosa fueron necesarios para mantener la concentración de glucosa sanguínea en las últimas etapas del ejercicio.

**Tiempo de Ingesta de Carbohidratos**

El objetivo de suplementar la glucosa sanguínea con una tasa mayor a l g.min-1 durante las últimas etapas de un ejercicio prolongado, se puede lograr ya sea ingiriendo carbohidratos a través de todo el ejercicio o dilatando la ingesta hasta la última parte del mismo (11). Sin embargo, si los sujetos consumen carbohidratos muy tarde (menos de 30 minutos antes de la fatiga, la velocidad a la cual los carbohidratos ingeridos entran en la sangre como glucosa, puede no ser lo suficientemente rápida como para mantener la euglucemia y el rendimiento se puede ver afectado (10,12). En general, una persona debería comenzar a ingerir carbohidratos, al menos 30 minutos antes del momento en que normalmente se produciría la fatiga, si no se consumieran carbohidratos durante el ejercicio (11), a pesar de que hay un gran margen de variabilidad entre las personas (12). Además, adoptar la estrategia de no ingerir carbohidratos hasta muy tarde requerirá que una solución concentrada de carbohidratos sea consumida para asegurar una adecuada reposición en la sangre. Tal estrategia puede ser una mala elección para individuos con tasas relativamente bajas de vaciado gástrico. Un enfoque alternativo y menos riesgoso es beber soluciones que contengan carbohidratos, a lo largo del ejercicio, para poder

mantener la concentración de glucosa y la oxidación de carbohidratos en las últimas etapas del esfuerzo (12).

Es importante destacar que estos resultados se aplican a ejercicios continuos realizados al 70-75% del $VO_2$ máx.., condiciones bajo las cuales la ingesta de carbohidratos no altera la disminución del glucógeno muscular (12,15). Es posible que la suplementación de carbohidratos a lo largo de ejercicios intervalados o de baja intensidad, promueva la resíntesis de glucógeno de las fibras en reposo (13,27). Bajo estas condiciones, el consumo de carbohidratos, a lo largo del ejercicio, puede probar ser más beneficioso para la performance que ingerirlo solamente en los últimos estadios del mismo.

**Recomendación General para los Carbohidratos**

Se recomienda que durante ejercicios lo suficientemente prolongados e intensos como para provocar la fatiga prematura debida a una inadecuada concentración de glucosa sanguínea, los individuos consuman soluciones que provean 30-60 g de carbohidratos por hora. La Tabla 1 enumera el volumen y la concentración de varias soluciones que cumplen con esta recomendación. Para obtener 30 g de carbohidratos por hora, cuando se consume una solución con 2% de carbohidratos, el estómago de una persona debe ser capaz de vaciar 1500 $ml.h^{-1}$. Si se necesita 60 $g.h^{-1}$ de carbohidratos, el vaciado gástrico debe aumentar a 3000 $ml.h^{-1}$, lo que significa una elevada tasa (35). Por lo tanto, cuando se consumen soluciones de carbohidratos diluidos (ej. 2% o g.100 ml-1), hay una contraposición, ya que la suplementación de carbohidratos se ve comprometida, debido a que las soluciones diluidas no pueden ser vaciadas del estómago a las velocidades requeridas. Por otro lado, 60 $g.h^{-1}$ de suplemento se puede conseguir absorbiendo 1000 $ml.h^{-1}$ de una solución con 6% de carbohidratos, o 750 $ml.h^{-1}$ de una al 8%, o 600 $ml.h^{-1}$ de una al 10%. Como se muestra en la Figura 2 y se discute más adelante, estas tasas de vaciado gástrico son posibles para la mayoría de las personas. Ingiriendo volúmenes relativamente grandes de soluciones que contengan 6-10% de carbohidratos, la mayoría de la gente puede alcanzar los requerimientos de este sustrato, obteniendo también 600-1000 $ml.h^{-1}$ de fluido. La pregunta es, "a qué tas puede y debe ser reemplazado el fluido, mientras también se ingieren 30-60 g de carbohidratos por hora de ejercicio?" Existen situaciones en las cuales sea beneficioso tomar más de 1000 $ml.h^{-1}$?.

Además, aún queda por determinar si hay situaciones durante las cuales sea beneficioso que los carbohidratos ingeridos sean llevados al intestino y entren en la sangre a tasas muy elevadas, por ejemplo 100 $g.h^{-1}$. La Figura 2 indica que la tasa de transporte de carbohidratos en el intestino aumenta, a medida que aumenta la concentración del mismo en la bebida, en un rango del 5-20%. La extrapolación de la Figura 2 sugiere que la suplementación de carbohidratos a una tasa de 100 $g.h^{-1}$ podría requerir ingestas de grandes volúmenes (>800 $ml.h^{-1}$) de soluciones con 20% de este sustrato (Tabla 1). Si la reposición de fluidos no es importante, se podrían obtener 100 $g*h^{-1}$, ingiriendo soluciones de carbohidratos muy concentradas (>50%).

| Volumen Ingerido cada hora para Proveer la Cantidad de Carbohidratos Especificada | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **30 gm/hr** | **40 gm/hr** | **50 gm/hr** | **60 gm/hr** | **100 gm/hr** | |
| **2%** | 1500ml | 2000ml | 2500ml | 3000ml | 5000ml | Volumen demasiado >1,250 ml/h |
| **4%** | 750 | 1000 | 1250 | 1500 | 2500 | |
| **6%** | 500 | 667 | 833 | 1000 | 1667 | |
| **8%** | 375 | 500 | 625 | 750 | 1250 | |
| **10%** | 300 | 400 | 300 | 600 | 1000 | Adecuada reposición de fluidos 600-1000 ml/h |
| **15%** | 200 | 267 | 333 | 400 | 667 | |
| **20%** | 150 | 200 | 250 | 300 | 500 | Baja restitución de fluidos <600 ml/h |
| **25%** | 120 | 160 | 200 | 240 | 400 | |
| **50%** | 60 | 80 | 100 | 120 | 200 | |

***Tabla 1.*** *Volumen ingerido cada hora para proveer la cantidad de carbohidratos especificada. Lista de volumen de solución a ser ingerido para brindar 30, 40, 50, 60, o 100 $g.h^{-1}$ de carbohidratos. La sección superior enumera las cantidades de solución que son demasiado grande (>1250 $ml.h^{-1}$). La sección media enumera los volúmenes que proveen 625-1000 $ml.h^{-1}$ de fluidos. La sección inferior enumera los volúmenes de 600 $ml.h^{-1}$, o menos.*

## LA TABLA DE ESTA IMAGEN ESTÁ ESCRITA ARRIBA, AHORA NO TOMAR EN CUENTA

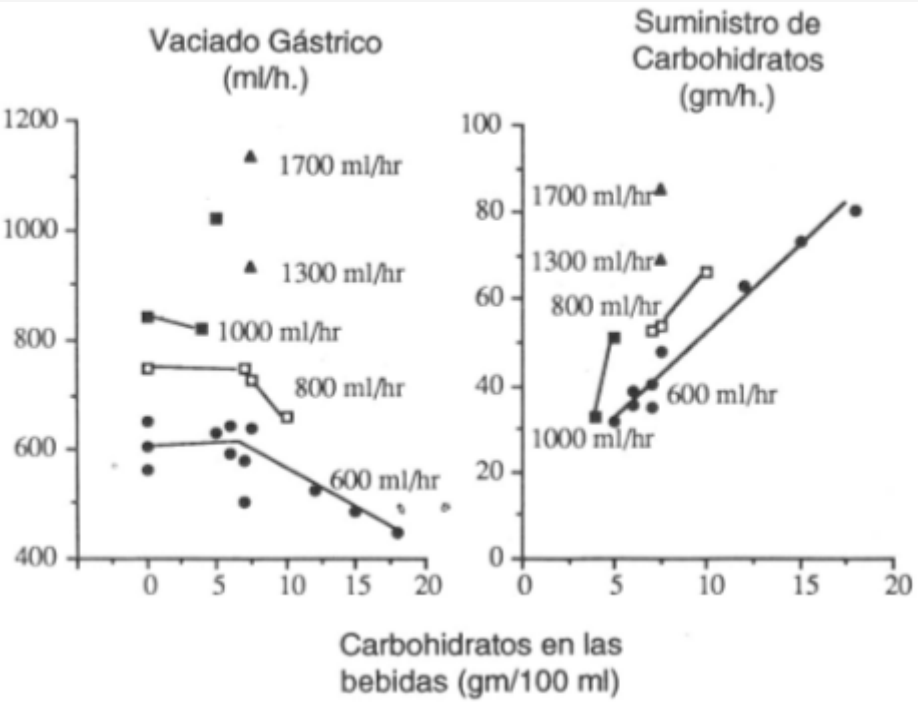



***Figura 2.*** *Tasa promedio de vaciado gástrico (ml.h$^{-1}$) y transporte de carbohidratos al intestino (g.h$^{-1}$), en relación con la concentración de carbohidratos de la bebida ingerida. Las distintas tasas de ingesta de fluidos se denotan con símbolos diferentes (600 ml.h$^{-1}$ tienen el círculo relleno; 800 ml.h$^{-1}$ es el cuadrado vacío; 1000 ml.h$^{-1}$ es el cuadrado relleno; 1300 ml.h$^{-1}$ es el triángulo vacío; y 1700 ml.h$^{-1}$ es el triángulo relleno).*

## INGESTA DE FLUIDOS DURANTE EL EJERCICIO

**Tasas razonables de vaciado gástrico para las soluciones de reposición de fluidos**

La Figura 2 presenta una compilación de 11 estudios (8, 14, 26, 33-35, 46-48, 50, 56) que han evaluado la tasa de vaciado gástrico de varias soluciones, en la reposición de fluidos. Los dos factores principales que regulan el vaciado gástrico parecen ser el volumen del fluido ingerido y la concentración de carbohidratos en la solución (34,43). De la Figura 2 se deriva, claramente, que cuando se aumenta el volumen de una solución dada, como se nota por las tasas enumeradas de la ingesta de líquido (ej. 600-1700 ml.h$^{-1}$), también aumenta la tasa de vaciado gástrico. Además, las soluciones que contienen hasta 8% de carbohidratos tienen poca influencia sobre la tasa de vaciado gástrico (43). Por lo tanto, parece posible ingerir 30-60 g de carbohidratos por hora y aún reponer 600-1000 ml.h$^{-1}$ de fluidos.

La Figura 2 también demuestra que muy pocos estudios han determinado el volumen gástrico y los horarios de ingesta que resulten en las máximas tasas de vaciado gástrico. Por su propia cuenta, los atletas de resistencia, usualmente no toman más de 400-600 ml.h$^{-1}$ (41). Sin embargo, parece que la mayoría de las personas puede vaciar 1000 ml.h$^{-1}$ durante el ejercicio (Figura 2). Aún permanece poco claro si es posible compensar, completamente, la deshidratación cuando la tasa de sudoración es alta (1000-1500 ml.h$^{-1}$). Tales altas tasas de la ingesta de fluidos, obviamente, requerirán grandes volúmenes gástricos, y es posible que en algunas personas se produzcan malestares gastrointestinales. Otra “acción contrapuesta” a ser considerada es el beneficio de altas tasas de reposición de fluidos, en relación con el malestar gastrointestinal que esto puede ocasionar.

**Necesidad de Reponer Fluidos durante Ejercicios Prolongados**

Se ha reconocido ampliamente, que la deshidratación inducida por el ejercicio aumenta la hipertermia, incrementando, por lo tanto, el riesgo de provocar un golpe de calor durante ejercicios prolongados. Los beneficios de la compensación de la deshidratación, a través de la ingesta de fluidos durante el ejercicio, fueron observados en experimentos conducidos en la mitad de la década del '40.

En estos experimentos, se observó repetidamente que el consumo de líquidos durante ejercicios prolongados de baja intensidad, atenuaba la temperatura corporal interna y mejoraba la performance deportiva (1, 5, 18 ,45). La Figura 3 ilustra los datos de Pitts y cols. (45), en los cuales un sujeto ingirió ya sea: "nada de agua", "agua suficiente para compensar completamente las pérdidas por sudor", o "un consumo ad limitum de agua, a partir de la primer hora de ejercicio", durante 5 horas de pedestrismo sobre una cinta ergométrica en un ambiente caluroso. En los dos experimentos en los que no se ingirió agua, la temperatura del recto aumentó progresivamente, a lo largo del ejercicio, alcanzando 39 ºC en la cuarta hora de actividad. Durante una de las series sin fluidos, el sujeto tuvo que parar luego de la cuarta hora. Cuando el consumo de fluidos fue similar a las pérdidas por sudoración, la temperatura rectal se mantuvo aproximadamente, en 38,1ºC durante todo el ejercicio, y el sujeto completó las 5 horas. Finalmente, cuando una ingesta de líquido ad libitum (aproximadamente igual al 70% de pérdida por sudoración) fue suministrada, a partir de la 1ra. Hora de ejercicio, la temperatura rectal fue mantenida en 38,3 ºC, de la 1ª a la 4ª hora de ejercicio, luego de lo cual comenzó a aumentar, alcanzando aproximadamente 38,6 ºC luego de la 5ª hora. Los efectos de la deshidratación también se ilustran por los síntomas subjetivos manifestados por los sujetos, cuando los fluidos son retenidos durante el ejercicio. De acuerdo a Eichna y cols. (18), cuando se restringieron los fluidos de 600 $ml.h^{-1}$ a sólo 150 $ml.h^{-1}$, durante 5 horas de ejercicio intervalado, la deshidratación produjo "una total incapacidad en algunos, un trabajo ineficaz en otros". Además, "sujetos aclimatados que habían realizado una determinada tarea fácil, enérgica, alegremente, se transformaron en sujetos apáticos que no veían la hora de terminar esa misma tarea".

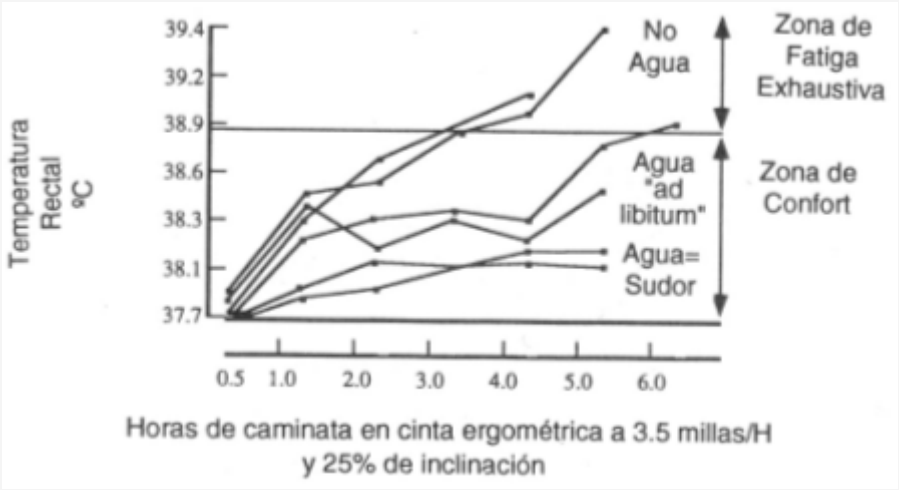



***Figura 3.*** *Efecto del consumo de agua sobre la marcha en el calor. [Seis experimentos en el sujeto J.S. a una temperatura de 37.7 ºC, humedad relativa de 35-45%; de Pitts y cols. (45)].*

Más recientemente, varios estudios han demostrado que la ingesta de fluidos durante 2 horas de ejercicio de intensidad moderada (60-75% $VO_2$ máx.), también puede atenuar la hipertermia (14, 23, 24). En 1970, Costill y cols. (14), reportaron que el consumo de 100 ml luego de cada 10 minutos de ejercicio, atenuaba significativamente el aumento de la temperatura rectal, durante 2 horas de ejercicio, en cinco maratonistas entrenados, ya que la temperatura rectal fue de aproximadamente 38.5 y 39.2 ºC con o sin fluidos, respectivamente. Además, nosotros (14) recientemente, observamos que el consumo de líquidos suficiente para igualar la tasa de sudoración atenuaba el consumo de la temperatura rectal y de la frecuencia cardíaca, y evitaba la disminución del volumen sistólico durante el ejercicio.

Sin embargo, ha sido sugerido que la reposición de líquidos no atenúa la hipertermia o que no mejora la performance, durante ejercicios de relativamente alta intensidad que provocan fatiga, en aproximadamente 1 hora o menos. Deschamps y cols. (17) observaron que infusiones intravenosas de soluciones salinas, en comparación con la "no" infusión de fluidos, no mejoraba el tiempo de aparición de fatiga (21,96 ± 3,56 vs. 20.28±2,63 min), cuando 9 ciclistas pedalearon al 84% de su $VO_2$ máx. hasta la fatiga máxima. Además, Maughan y cols. (32), descubrieron que la ingesta de agua, comparada con la "no" ingesta de fluidos, no atenuaba la hipertermia, la frecuencia cardíaca, o el tiempo de endurance en forma significativa

(76.2±9.1 vs. 70.2±8.3 minutos).

A pesar de estos hallazgos, es claro que la reposición de fluidos, durante ejercicios prolongados de baja intensidad, en medios cálidos, atenuará la hipertermia, y a menudo mejorará la performance cuando se produce una significativa reducción en el peso corporal debida a sudoración profusa. Como se dijo previamente, el problema para los deportistas de resistencia es determinar la cantidad óptima de ingesta de líquido para atenuar la hipertermia y mejorar la tolerancia al ejercicio, sin sacrificar el tiempo de performance debido a una disminución en la marcha para poder beber, o sin posibles efectos colaterales (malestar estomacal, orina), como resultado de haber bebido demasiado. Existe un punto en el cual los beneficios de aumentar la tasa de reposición de fluidos para prevenir la hipertermia y los cambios cardiovasculares, son pequeños en comparación con los posibles malestares? Esto requiere una aclaración de la relación entre deshidratación, hipertermia, y performance. Desafortunadamente, no es posible hasta el presente, identificar la tasa óptima de ingesta de fluidos durante el ejercicio prolongado, ya que permanece sin aclararse como la reposición de líquidos atenúa la hipertermia y qué influencia tiene esta tasa de consumo sobre la hipertermia, durante ejercicios prolongados de intensidad moderada.

**Mecanismos por los Cuales la Reposición de Fluidos atenúa la Hipertermia**

Como ya se discutió en el capítulo de Sawka (55), mucho de nuestra comprensión sobre como la pérdida de agua corporal altera la regulación de la temperatura corporal durante el ejercicio, ha sido derivado de experimentos de hipohidratación, en los cuales el déficit de agua es inducido previo al ejercicio. Típicamente, la hipohidratación es producida durante las 24 horas previas al test, realizando ejercicios en ambientes cálidos, tomando saunas, a través de diuréticos, restricción de comida y bebida, o alguna combinación de estos métodos.

Estos experimentos han demostrado que una reducción del 3-7% del peso corporal elevará la temperatura interna y la frecuencia cardíaca, durante el ejercicio subsiguiente (53, 54), y que este aumento será debido a una demora en la aparición de la sudoración y a una reducción del flujo sanguíneo de la piel (21). Adicionalmente, los experimentos que han aumentado la osmolaridad del suero o que han reducido el volumen sanguíneo (21,40) previo al ejercicio, han concluido que la hiperosmolaridad y la hipovolemia pueden, independientemente, alterar la sudoración y el flujo sanguíneo de la piel durante el ejercicio, aumentando así la hipertermia (52). Sin embargo, es cuestionable si los experimentos de hipohidratación son aplicables, en todos los casos, para el entendimiento de los mecanismos por los cuales la deshidratación inducida por ejercicio aumenta la hipertermia. Como se ilustra en la Tabla 2, la hipohidratación del 3-5% del peso a través de diuréticos, sauna, y restricciones de comida y bebida, da como resultado reducciones en el volumen plasmático entre 8 y 18% (7, 9, 51, 53). En contraste, durante la deshidratación inducida por ejercicio del 4% del peso corporal, la reducción en el volumen sanguíneo, por debajo de niveles observados, luego de los primeros minutos de ejercicio, es de sólo 1-4% (24, 51). Por lo tanto, los experimentos de hipohidratación inducen a una reducción mucho mayor en el volumen sanguíneo de lo que se observa, típicamente, durante la deshidratación inducida por el ejercicio. Además, un reciente experimento en nuestro laboratorio (36) ha demostrado que la infusión intravenosa de 397 ml de un expansor de volumen sanguíneo, para mantener un volumen similar a cuando la ingesta de fluidos repone el 80% de pérdidas por sudor durante 2 horas de ciclismo de intensidad moderada, no fue capaz de atenuar la hipertermia que se producía cuando no se bebía ningún líquido, durante el ejercicio. Estos datos demuestran que la reducción de aproximadamente 300 ml en el volumen sanguíneo, que acompaña a 2 horas de deshidratación inducida por ejercicio, no son responsables del aumento de la hipertermia, en ciclistas bien entrenados. Estos hallazgos, también demuestran que los resultados de experimentos con personas hipohidratadas antes del ejercicio, no necesariamente explican los mecanismos por los cuales la ingesta de fluidos atenúa la hipertermia durante ejercicios prolongados.

| Estudio | Método de deshidratación | % de Reducción del peso corporal | % reducción del vol. Plasmático * |
|---|---|---|---|
| Sawka y cols. 1985 (53) | Restricción de agua y comida | 3 | 8 |
| | Restricción de agua y comida | 5 | 15 |
| Caldwell y cols. 1984 (7) | Diuréticos | 4 | 14 |
| | Sauna | 4 | 10 |
| | Ejercicio prolongado | 4 | 1 |
| Saltin, 1964 (51) | Sauna | 4 | 18 |
| | Ejercicio prolongado | 4 | 3 |
| Claremont y cols. 1976 (8) | Diuréticos | 3 | 16 |

***Tabla 2.*** *Comparación del porcentaje de reducción del peso corporal y del volumen plasmático, a través de varios métodos de*

*deshidratación. (*) % de reducción en el volumen plasmático, medido durante ejercicios submáximos en estado de hipohidratación, comparado con el volumen plasmático durante ejercicios sumáximos, en estados normales de hidratación.*

Hasta el presente no han sido bien caracterizadas las respuestas fisiológicas que acompañan a la reposición de fluidos, durante la deshidratación inducida por el ejercicio. Si bien es claro que altas tasas de reposición de fluidos pueden atenuar la hipertermia, y reducir la frecuencia cardiaca durante ejercicios prolongados, ningún estudio ha determinado qué influencia tiene la reposición de líquidos sobre la hipertermia, la frecuencia cardiaca, y el volumen sistólico durante ejercicios prolongados de intensidad moderada. Además, ningún estudio ha reportado la relación entre los aumentos de la osmolaridad del suero o la concentración de sodio, y el aumento de la temperatura interna durante ejercicios prolongados, cuando la tasa de deshidratación es alterada por el consumo de líquidos.

Aún sigue sin saberse con exactitud los mecanismos por los cuales la reposición de fluidos atenúa la hipertermia durante ejercicios prolongados. Mientras que algunos investigadores han reportado que el consumo de líquidos mantiene una mayor tasa de sudoración, en comparación a cuando no se ingieren líquidos durante ejercicios prolongados (19,29), otros no han encontrado diferencias en esta tasa de sudoración (1, 3, 8, 14, 18, 23, 28, 30, 45). Ninguna investigación a informado aún, si la reposición de fluidos, comparada con la no ingesta de líquidos, mantiene un mayor flujo sanguíneo en la piel durante el ejercicio.

**Tasa Óptima de Reposición de Fluidos durante Ejercicios Prolongados**

Desafortunadamente, si bien esta claro que la reposición de fluidos puede atenuar la hipertermia y mejorar la tolerancia, no se sabe aún la tasa óptima de reposición. En 1947, Rothstein y Towbin (49) observaron que había una relación lineal entre la magnitud de la deshidratación, ocurrida durante un ejercicio prolongado, y la magnitud en el incremento de la temperatura rectal (Figura 4). Además, ellos reportaron que las ingestas de fluidos durante el ejercicio no alteró la relación entre deshidratación e hipertermia. Estas observaciones concuerdan con las de otros investigadores que descubrieron que un consumo de líquido igual a la tasa de sudoración, era más efectivo que una reposición parcial de fluidos (5, 18, 45). Además, se ha observado que las reposiciones parciales son más efectivas para atenuar la hipertermia, que cuando se restringe la ingesta de líquidos a pequeñas cantidades (18,45). Por lo tanto, durante ejercicios prolongados intervalados de baja intensidad, la tasa óptima de reposición de fluidos para atenuar la hipertermia, parece ser aquella que más se asemeja a la tasa de pérdidas por sudor.

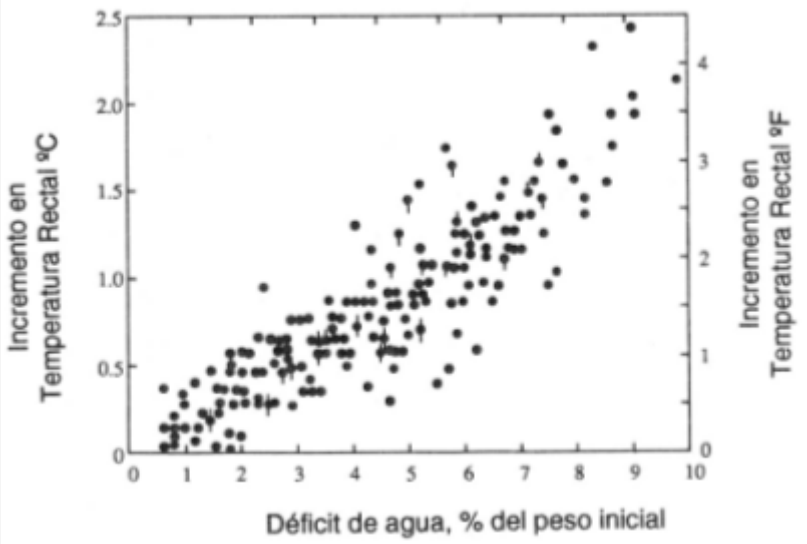



***Figura 4.*** *Relación entre el aumento de la temperatura rectal y el grado de deshidratación, expresado como porcentaje de pérdida de peso corporal, en sujetos luego de caminar en el calor, con y sin reposición de fluidos, lo que compensa la deshidratación en varios grados; de Rothstein y Towbin (49), Figuras 11 y 12.*

Sin embargo, Wyndham y Strydom (57) han sugerido que la reposición total de fluidos, del agua corporal perdida durante ejercicios de moderada intensidad, pueden no ser necesarios para atenuar completamente el aumento de la temperatura

interna asociada con la deshidratación. En nuestra opinión, hasta el momento, ningún estudio publicado ha determinado sistemáticamente los efectos termoregulatorios y cardiovasculares de diferentes tasas de reposición de fluidos, durante ejercicios prolongados al 50-80% del $VO_2$ máx. Los estudios conducidos hasta el momento, no han realizado evaluaciones repetidas en un mismo sujeto, variando la cantidad de reposición de líquidos, y por lo tanto, el grado de deshidratación. En cambio, los estudios mencionados más adelante, simplemente han medido la temperatura rectal luego de la competición, en poblaciones grandes y heterogéneas de corredores, para determinar la relación entre el grado de deshidratación y la temperatura en el recto (41, 42, 57).

Wyndham y Strydom (57) interpretaron que sus datos, ilustrados en la Figura 5, indicaban una relación significativa entre la temperatura rectal postmaratón y el déficit de agua en los participantes, pero sólo cuando este déficit excedía el 3% de pérdida de peso corporal. Ellos enfocaron la atención en la dispersión de la temperatura rectal entre el 2-3% de déficit de agua, y en la observación de que un sujeto no tuvo deshidratación porque consumió grandes volúmenes de líquidos, aunque el tuvo la temperatura rectal algo elevada. A partir de esta relación, ellos propusieron que la tasa óptima de reposición de fluidos, es aquella que previene el desarrollo de un déficit de agua del 3%. Hasta el presente, la hipótesis de Wyndham y Strydom nunca ha sido evaluada directamente. Sin embargo, Bar-Or y cols. (4) no observaron diferencias en la temperatura rectal, frecuencia cardíaca, volumen plasmático, u osmolaridad, cuando varones de 10 a 12 años, repusieron ya sea el 70% o el 100% de la pérdida de agua, durante 3-4 horas de ejercicio intervalado. Además, Noakes y cols. (41,42), debatieron que durante ejercicios prolongados en ambientes templados (19-22ºC), con tasas de sudoración de l $L.h^{-1}$ y una ingesta de líquido de 0.4-0.6 $l.h^{-1}$, el grado de hipertermia al final de la maratón no esta relacionada con el nivel de deshidratación. Luego de 3.5 horas de ejercicio, sus sujetos fueron hipohidratados en niveles cercanos a 2 litros, lo que corresponde a una pérdida de peso corporal de aproximadamente el 2.5%.

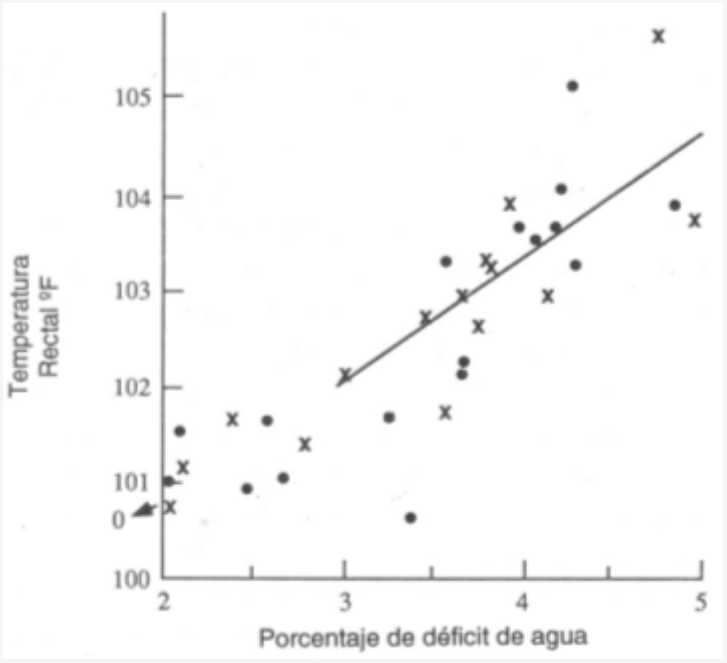



***Figura 5.*** *Relación entre la temperatura rectal luego de una carrera de 20 millas y el porcentaje de pérdida de peso corporal, en 31 corredores que competían en dos carreras diferentes (círculos rellenos y cruces), en un ambiente fresco (9-17ºC). Notar la pequeña flecha que reporta la temperatura rectal de un sujeto que bebió suficiente fluido como para prevenir la deshidratación; de Wyndham y Strydom (57).*

Nuevamente, nosotros no tenemos conocimiento de ninguna investigación que, en forma directa, responda a las preguntas "debería el consumo de líquido igualar a la tasa de pérdida de peso para prevenir la deshidratación?" o, como fue sugerido por Wyndham y Strydom (57) y Noakes y cols. (41,42): "deberían los atletas de resistencia mantener el consumo de fluidos ("ad libitum") en una tasa muy inferior a la de sudoración, que les permitiera deshidratarse a una tasa de 0,5 $L.h^{-1}$?"

**Composición de la Solución de Reposición de Fluidos**

Varias investigaciones han comparado la influencia de beber agua o soluciones con carbohidratos y electrolitos, sobre la

temperatura interna y la frecuencia cardiaca durante ejercicios prolongados (8, 14, 16, 37, 44). Estos experimentos han demostrado que las soluciones con hasta 8-10% de carbohidratos son igualmente efectivas que el agua para atenuar la hipertermia y la frecuencia cardiaca. Tales observaciones concuerdan con los datos de vaciado gástrico presentados en la Figura 2, demostrando que estas soluciones tienen tasas similares de vaciado gástrico, y por lo tanto de reposición de líquidos, que el agua. De esta manera, parece que las bebidas para la reposición de fluidos pueden contener hasta 8% de carbohidratos, sin comprometer a tal reposición.

## RESUMEN DE LA TASA OPTIMA DE INGESTA DE FLUIDOS Y CARBOHIDRATOS DURANTE EJERCICIOS PROLONGADOS

La ingesta de aproximadamente 30-60 g de carbohidratos (glucosa, sucrosa, o almidón), durante cada hora de ejercicio, en general, será suficiente para mantener la oxidación de la glucosa sanguínea durante las últimas etapas del ejercicio, y para demorar la fatiga. Debido a que el promedio de las tasas de vaciado gástrico y absorción intestinal excede 1 $L.h^{-1}$ para aguas y soluciones que contengan hasta 8% de carbohidratos, las personas que entrenan pueden consumir suplementos, tanto con carbohidratos como con fluidos, a relativamente altas tasas (más de 60 $g.h^{-1}$ de carbohidratos y 1 $L.h^{-1}$ de fluidos). Por lo tanto, cuando la tasa de sudoración no es muy elevada (menos que 1 $L.h^{-1}$), la adición de carbohidratos a los fluidos, y viceversa, no impiden la adecuada suplementación de cada uno, especialmente si se consumen grandes cantidades para mantener el estómago algo lleno y aumentar el vaciado gástrico. De esta manera, cuando la tasa de sudoración es de 1 $L.h^{-1}$ o menos, no hay contraposición entre la suplementación de fluidos y carbohidratos.

Varios investigadores han demostrado que la reposición completa de fluidos es mejor que la reposición parcial, durante ejercicios intervalados de baja intensidad cuando se sudora hasta 1 $L.h^{-1}$, porque atenúa el incremento de la temperatura interna y la frecuencia cardiaca, y mejora la performance (18, 28, 45). Durante ejercicios prolongados y continuos al 50-80% del $VO_2$ máx., la tasa de sudoración usualmente excede 1 $L.h^{-1}$, mientras que los sujetos prefieren beber a tasas de solamente 500 $ml.h^{-1}$. La pregunta que queda sin responder es: "¿Valen la pena los beneficios de mayores tasas de ingesta de fluidos, durante ejercicios continuos al 50-80% del $VO_2$ máx. (>1 $L.h^{-1}$ y hasta la tasa de sudoración), considerando la incomodidad y el tiempo que se pueden perder intentando tomar grandes cantidades durante la competencia?".

## REFERENCIAS


1. ADOLPH, E.F (1947). Blood changes in dehydration. *In: Physiology of Man in the Desert. New York: Interscience, pp. 160-171*
2. AMERICAN COLLEGE OF SPORTS MEDICINE (1985). Position statement on the prevention of thermal injuries during distance running. *Med. Sci. Sports Exerc. 17: ix-xiv*
3. ARMSTRONG, L.E., R.W. HUBBARD, P.C. SZLYK, W.T. MATTHEW, AND I.V. SILS (1985). Voluntary dehydration and electrolyte losses during prolonged exercise in the heat. *Aviat. Space Environ. Med. 56: 765-770*
4. BAR-OR, O., R. DOTAN, O. INBAR, A. ROTHSTEIN, AND H. ZONDER (1980). Voluntary hypohidration in 10-to 12- years-old boys. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. 48: 104-108*
5. BEAN, W.B. AND L.W. EICHNA (1943). Performance in relation to environmental temperature. *Reactions of normal young men to simulated desert environment. Fed. Proc. 2: 144-158*
6. BROOK, J.D., G.J. DAVIES, AND L.F. GREEN (1975). The effects of normal and glucose syrup diets on the performance of racing cyclists. *J. Sports Med. 15: 257-265*
7. CALDWELL, J.E., E. AHONEN, AND J. NOUSIANEN (1984). Differential effects of sauna-, diuretic-, and exercise-induced hypohydration. *J. Appl. Physiol. 57: 1018-1023*
8. CANDAS, V., J.P. LIBERT, G. BRANDENBERGER, J.C. SAGOT, C. AMOROS, AND J.M. KAHN (1986). Hydration during exercise: effects on thermal and cardiovascular adjustments. *Eur. J. Appl. Physiol. 55: 113-122*
9. CLAREMONT, A.D., D.L. COSTILL, W. FINK, AND P. VAN HANDEL (1976). Heat tolerance following diuretic induced dehydration. *Med. Sci. Sports 8: 239-243*
10. COGGAN, A.R. AND E.F. COYLE (1987). Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J. Appl. Physiol. 63: 2388-2395*
11. COGGAN, A.R. AND E.F. COYLE (1989). Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 21: 59-65*
12. COGGAN, A.R. AND E.F. COYLE (1991). Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: effects on metabolism and performance. *Exerc. Sports Sci. rev. 19: 1-40*
13. CONSTABLE, S.H., J.C. YOUNG, M. HIGUCHI, AND J.O. HOLLOSZY (1984). Glycogen resynthesis in leg muscles of rats during exercise. *Am. J. Physiol. 247: R 880- R 883*

14. COSTILL, D.L., W.F. KAMMER, AND A. FISHER (1970). Fluid ingestion during distance running. *Arch. Environ. Health 21: 520-525*
15. COYLE, E.F., A.R. COGGAN, M.K. HEMMERT, AND J.L. IVY (1986). Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J. Appl. Physiol. 61: 165-172*
16. DAVIS, J.M., D.R. LAMB, R.R. PATE, C.A. SLENTZ, W.A. BURGESS, AND W.P. BARTOLI (1988). Carbohydrate-electrolyte drinks: effects on endurance cycling in the heat. *Am. J. Clin. Nutr. 48: 1023-1030*
17. DESCHAMPS, A., R.D. LEVY, M.G. COSIO, E.B. MARLISS, AND S. MAGDER (1989). Effects of saline infusion on body temperature and endurance during heavy exercise. *J. Appl. Physiol. 66: 2799-2804*
18. EICHNA, L.W., W.B. BEAN, W.F. ASHE, AND N. NELSON (1945). Performance in relation to environmental temperature. *Bull. Johns Hopkins Hospital 76: 25-58*
19. EKBLOM, B., C.J. GREENLEAF, J.E. GREENLEAF, AND L. HERMANSEN (1970). Temperature regulation during exercise dehydration in man. *Acta Physiol. Scand. 79: 475-483*
20. FIELDING, R.A., D.L. COSTILL, W.J. FINK, D.S. KING, M. HARGREAVES, AND J.E. KOVALESKY (1985). Effect of carbohydrate feeding frequency and dosage on muscle glycogen use during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 17: 472-476*
21. FORTNEY, S.M., E.R. NADEL, C.B. WENGER, AND J.R. BOVE (1981). Effect of blood volume on sweat rate and body fluids in exercising humans. *J. Appl. Physiol.: Respirat. Environ. Exerc. Physiol. 51: 1594-1600*
22. FRANCIS, K.T (1979). Effect of water and electrolyte replacement during exercise in the heat on biochemical indices of stress and performance. *Aviat. Space Environ. Med. 50: 115-119*
23. GISOLFI, C.V. AND J.R. COPPING (1974). Thermal effects of prolonged treadmill exercise in the heat. *Med. Sci. Sports 6: 108-113*
24. HAMILTON, M.T., J. GONZALEZ-ALONSO, S.J. MONTAIN, AND E.F. COYLE (1991). Fluid replacement and glucose infusion during exercise prevents cardiovascular drift. *J. Appl. Physiol. 71: 871-877*
25. HARGREAVES, M., D.L. COSTILL, A.R. COGGAN, W.J. FINK, AND I. NISHIBATA (1984). Effect of carbohydrate feedings on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 16: 219-222*
26. HOUMARD, J.A., P.C. EGAN, R. ANDERSON, P.D. NEUFER, T.C. CHENIER, AND R.G. ISRAEL (1991). Gastric emptying during 1 h of cycling and running at 75% VO2max. *Med. Sci. Sports Exerc. 23: 320-325*
27. KUIPERS, H., H.A. KEIZER, F. BROUNS, AND W.H.M. SARIS (1987). Carbohydrate feedings glycogen synthesis during exercise in man. *Pflugers Arch. 410: 652-656*
28. LADELL, W.S.S (1954). The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid environments. *J. Physiol. 127: 11-46*
29. LIBERT, J.P., V. CANDAS, C. AMOROS, J.C., SAGOT, AND P. LENZI (1986). Temperature regulation during intermittent exercise with progressive dehydration. *Jap. J. Physiol. 36: 253-266*
30. LIBERT, J.P., V. CANDAS, C. AMOROS, J.C. SAGOT, AND J.M. KAHN (1988). Local sweating responses of different body areas in dehydration-hydration experiments. *J. Physiol. (Paris) 83: 19-25*
31. MASSICOTTE, D., F. PERONNET, G. BRISSON, K. BAKKOUCH, AND C. HILLIARE-MARCEL (1989). Oxidation of a glucose polymer during exercise: comparison of glucose and fructose. *J. Appl. Physiol. 66: 179-183*
32. MAUGHAN, R.J., C.E. FENN, AND J.B. LEIPER (1989). Effects of fluid, electrolyte and substrate ingestion on endurance capacity. *Eur. J. Appl. Physiol. 58: 481-486*
33. MITCHELL, J. B., D.L. COSTILL, J.A. HOUMARD, M.G. FLYNN, W.J. FINK, AND J.D. BELTZ (1988). Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med. Sci. Sports Exerc. 20: 110-115*
34. MITCHELL, J.B., D.L. COSTILL, J.A. HOUMARD, W.J. FINK, R.A. ROBERTS, AND J.A. DAVIS (1989). Gastric emptying influence of prolonged exercise and carbohydrate concentration. *Med. Sci. Sports Exerc. 21: 269-274*
35. MITCHELL, J.B. AND K.W. VOSS (1991). The influence of volume on gastric emptying and fluid balance during prolonged exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 23: 314-319*
36. MONTAIN, S.J. AND E.F. COYLE (1994). Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J. Appl. Physiol. (in press)*
37. 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*
38. MURRAY, R., G.L. PAUL, J.B. SIEFERT, D.E. EDDY, AND G.A. HALABY (1989). The effects of glucose, fructose, and sucrose ingestion during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 21: 275-282*
39. MURRAY, R., G.L. PAUL, J.G. SIEFERT, AND D.E. EDDY (1991). Responses to varying rates of carbohydrates ingestion during exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 23: 713-718*
40. NADEL, E.R., S.M. FORTNEY, AND C.B.WENGER (1980). Effect of hydration state on circulatory and thermal regulations. *J. Appl. Physiol. 49: 715-721*
41. NOAKES, T.D., B.A. ADAMS, K.H. MYBURGH, C. GREEFF, T. LOTZ, AND M. NATHAN (1988). The danger of an inadequate water intake during prolonged exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. 57: 210-219*
42. NOAKES, T.D., K.H. MYBURGH, J. DU PLESSIA, et al (1991). Metabolic rate, not percent dehydration, predicts rectal temperature in marathon runners. *Med. Sci. Sports Exerc. 23: 443-449*
43. NOAKES, T.D., N.J. REHRER, AND R.J. MAUGHAN (1991). The importance of volume in regulating gastric emptying. *Med. Sci. Sports Exerc. 23: 307-313*
44. 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*
45. PITTS, G.C., R.E. JOHNSON, AND F.C. CONSOLAZIO (1944). Work in the heat as affected by intake of water salt and glucose. *Am. J. Physiol. 142: 253-259*
46. REHRER, N.J., E. BECKERS, F. BROUNS, F. TEN HOOR, AND W.H.M. SARIS (1989). Exercise and training effects on gastric emptying of carbohydrate beverages. *Med. Sci.Sports Exerc. 21: 540-549*
47. REHRER, N.J., E.J. BECKERS, F. BROUNS, F. TEN HOOR, AND W.H.M. SARIS (1990). Effects of dehydration on gastric emptying

and gastrointestinal distress while running. *Med. Sci. Sports Exerc. 22: 790-795*
48. REHRER, N.J., F. BROUNS, E. BECKERS, F. TEN HOOR AND W.H.M. SARIS (1990). Gastric emptying with repeated drinks during running and bicycling. *Int. J. Sports Med. 11: 238-243*
49. ROTHSTEIN, A. AND E.J. TOWBIN (1947). Blood circulation and temperature of men dehydrating in the heat. *In: Physiology of Man in the Desert, E. F. Adolph (Ed.). New York: Interscience, pp. 172-196*
50. 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*
51. SALTIN, B (1964). Aerobic work capacity and circulation at exercise in man with special reference to the effect of prolonged exercise and/or heat exposure. *Acta Physiol. Scand. Suppl. 230: 1-52*
52. SAWKA, M.N (1992). Physiological consequences of hypohydration: body water redistribution, exercise performance and temperature regulation. *Med. Sci. Sports Exerc. 24: 657-670*
53. 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*
54. SAWKA, M.N. AND C.B. WENGER (1988). Physiological responses to acute exercise-heat stress. *In: Human Perfor. Physiol. and Envir. Med. at Terrestrial Extremes, Pandolf, Sawka, and Gonzalez (Eds.). Indianapolis: Benchmark Press, pp. 97-151*
55. SAWKA, M.N., R.R. GONZALEZ, A.J. YOUNG, R.C. DENNIS, C.R. VALERI, AND K.B. PANDOLF (1989). Control of thermoregulatory sweating during exercise in the heat. *Am. J. Physiol. 257 (Regulatory Integrative comp. Physiol. 26): R 311- R 316*
56. SOLE, C.C. AND T.D. NOAKES (1989). Fasters gastric emptying for glucose-polymer and fructose solutions then for glucose in humans. *Eur. J. Appl. Phisiol. 58: 605-612*
57. WYNDHAM, C.H. AND N.B. STRYDOM (1969). The danger of an inadequate water intake during marathon running. *S. Afr. Med. J. 43: 893-896*

**Cita Original**

Edward F. Coyle y Scott J. Montain. Ingesta de Carbohidratos y Fluidos durante el Ejercicio: ¿Existen Interacciones Opuestas? Proceedings. 3º Simposio Internacional de Actualización en Ciencias Aplicadas al Deporte. 1994.