

Article

# Estrategias Nutricionales para el Maratón - Combustible para el Entrenamiento y las Competencias

Louise M. Burke

*Department of Sports Nutrition, Australian Institute of Sport, Belconnen, Australian Capital Territory, Australia*

## RESUMEN

---

El glucógeno muscular aporta el combustible fundamental para el entrenamiento y para correr una maratón. La "carga" con carbohidratos puede mejorar el rendimiento en maratón permitiéndole al competidor correr a su paso óptimo durante un período más largo antes de agotarse. Un corredor bien entrenado puede lograr esto poniendo a punto los ejercicios durante los últimos días antes de la maratón y asegurando ingestas de carbohidratos de 10-12 g/kg/día durante las 36-48 horas previas a la carrera. Las recomendaciones sobre nutrición deportiva sugieren que el corredor consuma una cantidad suficiente de carbohidratos para promover la recuperación del glucógeno muscular entre las sesiones de entrenamiento. Esta estrategia le permitiría al corredor "entrenar más duramente" y recuperarse óptimamente entre los entrenamientos. Una reciente hipótesis sugiere que los corredores pueden "entrenar de una manera más inteligente" entrenando con las reservas de glucógeno bajas, porque esto podría promover una mayor estimulación de la respuesta al entrenamiento. Sin embargo, no hay ninguna evidencia de que una dieta con bajo contenido de carbohidratos mejore los resultados del entrenamiento o aporte beneficios como fase de vaciamiento previa a la carga con carbohidratos. De hecho, si se sigue durante un largo período una dieta con bajo contenido de carbohidratos, esto puede afectar el rendimiento. Si existen beneficios al manipular las reservas de glucógeno para algunos entrenamientos, es probable que esto suceda como resultado natural de la periodización del programa de alto volumen de un corredor de élite.

## INTRODUCCION

---

Correr 42,195 km es uno de los últimos desafíos deportivos. Por lo tanto, no es sorprendente que como la ciencia de nutrición deportiva ha evolucionado durante los últimos 30 años, los corredores de maratón estén deseosos de poner en práctica en el campo los nuevos conocimientos. Esta revisión se centrará en el glucógeno muscular como combustible para entrenar y correr, destacando la forma en que la maratón ayudó a popularizar el descubrimiento de este importante combustible para el ejercicio.

## CARGA DE CARBOHIDRATOS

---

### Historia de los Protocolos

Dado que el agotamiento de las reservas de glucógeno se produce predeciblemente durante las últimas etapas de una maratón, el término “chocarse contra el muro” (*hitting the wall*) que describe esta fatiga aplastante se ha vuelto parte de la jerga cotidiana. La carga con carbohidratos o la sobrecompensación de las reservas de glucógeno con el fin de prepararse para ejercicios prolongados, fue el resultado de estudios realizados a fines de 1960 [1]. Por medio de técnicas de biopsia percutánea para analizar la utilización de combustibles y la actividad de las enzimas en el músculo, científicos del deporte escandinavos observaron que varios días de consumo bajo de carbohidratos agotaban el glucógeno muscular y reducían la resistencia en ciclismo, en comparación con los resultados asociados con una ingesta moderada de carbohidratos. Sin embargo, el consumo posterior de una dieta con elevado contenido de carbohidratos durante varios días sobrecompensaba las reservas de glucógeno e incrementaba aún más el tiempo hasta el agotamiento en ciclismo. Estos estudios iniciales realizados en varones saludables pero desentrenados permitieron diseñar el clásico modelo de carga de carbohidratos de 7 días; una fase de agotamiento de 3 - 4 días de entrenamiento duro y de baja ingesta de carbohidratos seguida por una fase de 3-4 días de carga con una elevada ingesta de carbohidratos y de puesta a punto del ejercicio. Las prácticas de carga con carbohidratos fueron incorporadas en primer lugar por corredores de maratón competitivos, entre los que se incluía al campeón de maratón europeo en 1969, Ron Hill y después fueron aplicadas por corredores recreativos que se incorporaron al boom de las carreras en los años setenta.

Una versión modificada de la carga con carbohidratos fue desarrollada cuando corredores bien entrenados lograron sobrecompensar sus reservas de glucógeno sin la necesidad de una fase de agotamiento severo o de vaciamiento de glucógeno [2]. El protocolo modificado, que simplemente consistía en 3 días de elevada ingesta de carbohidratos y de puesta a punto, se presentó como una preparación más práctica para las competencias que evitaba la fatiga y la complejidad de una dieta extrema y los requisitos de entrenamiento de la fase de agotamiento previa. Más recientemente, se midieron las concentraciones de glucógeno muscular después de 1 y 3 días de descanso y de una alta ingesta de carbohidratos (10 g/kg de masa corporal por día) en atletas varones bien entrenados. [3] Después de 1 día, el contenido de glucógeno muscular aumentó significativamente desde niveles pre-carga de aprox. 90 mmol/kg de peso húmedo a valores de aprox. 180 mmol/kg de peso húmedo. Después de esto, los niveles de glucógeno se mantuvieron estables a pesar de otros 2 días de descanso y de ingesta de carbohidratos. Esto nos describe una evolución del almacenamiento de glucógeno y demuestra que la sobrecompensación podría no requerir un período completo de 72 horas en los atletas descansados. En lugar de promover una única estrategia para la carga con carbohidratos tal como lo sugieren los autores, este estudio demuestra que la recuperación óptima de combustibles probablemente se alcanza dentro de 36-48 horas después de la última sesión de ejercicio, al menos cuando el atleta descansa y consume los carbohidratos adecuados.

### **Carga de Carbohidratos y Género**

La mayoría de los estudios de almacenamiento de glucógeno han sido realizados con participantes de sexo masculino, con la suposición que los resultados también se aplican al sexo femenino. Existen planteos que las atletas de sexo femenino no logran sobre compensar las reservas de glucógeno muscular del mismo modo que los varones y no observan un beneficio en el rendimiento luego de una carga con carbohidratos [4]. Sin embargo, esto puede ser explicado, al menos en parte, por el consumo de cantidades relativamente más pequeñas de carbohidratos en la dieta y por las ingestas de energía restringidas de muchas atletas. De hecho, cuando las atletas consumen energía suficiente y tienen una adecuada ingesta de carbohidratos pueden lograr un aumento significativo en el almacenamiento de glucógeno, similar al observado en una población masculina [5]. El estado menstrual de las atletas puede afectar el almacenamiento de glucógeno y durante la fase lútea se produce un almacenamiento mayor que durante la fase folicular. Se necesitan estudios adicionales sobre las diferencias entre los géneros en como se logra la carga con carbohidratos y la respuesta a la misma. Mientras tanto, es probable que el desafío principal relacionado a las prácticas de carga con carbohidratos de las mujeres sea el tema de una ingesta dietética adecuada de carbohidratos y energía.

### **Carga de Carbohidratos y Rendimiento en Maratón**

Teóricamente, la carga con carbohidratos puede aumentar el rendimiento en eventos deportivos que de otra manera estaría limitado por el agotamiento de glucógeno. Aunque un evento de media maratón es demasiado corto para obtener beneficios de reservas de glucógeno supercompensadas, se ha demostrado que la carga con carbohidratos mejora el rendimiento global de carreras de 30 km a campo traviesa, carreras de 30 km en cinta rodante en varones entrenados y carreras de 25 km en cinta rodante en varones moderadamente entrenados [4]. En los casos en que se observaron mejoras en el rendimiento, la carga con carbohidratos no se asoció con un aumento en la velocidad total de carrera pero si se asoció con el mantenimiento del paso de carrera durante la última parte de la carrera, en comparación con el tratamiento control o grupo control [6]. Incluso cuando la carga con carbohidratos no produjo un aumento estadísticamente significativo en el tiempo de carrera total, se observó que los participantes corrían más rápidamente durante los últimos 5 km que los sujetos del grupo control. Por lo tanto, aunque los estudios realizados en el campo no fueron realizados en maratones, es muy probable que se puedan obtener beneficios a partir de una preparación con carga de carbohidratos.

## ADAPTACIÓN A LAS GRASAS: UNA VUELTA AL VACIAMIENTO PRE-CARGA

---

Los corredores de maratón deben tener una gran capacidad de oxidación de grasas durante el ejercicio como un patrimonio de su entrenamiento. Sin embargo, esta capacidad puede estar adicionalmente regulada hacia arriba por algo tan simple como 5 días de entrenamiento mientras se sigue una dieta con bajo contenido de carbohidratos (<2,5 g/kg/día) y elevado contenido de grasas (aprox. 65-70% de energía). En los individuos entrenados, tal “adaptación a las grasas” permite una oxidación de grasas notablemente mayor y una marcada reducción en la utilización de glucógeno muscular (“ahorro de glucógeno”) durante el ejercicio submáximo posterior. Sin embargo no existen beneficios claros sobre el rendimiento y existe la posibilidad de que largos periodos de exposición (>4 semanas) puedan afectar los resultados del entrenamiento y causar algunos riesgos para la salud (para mas información consulte el trabajo de revisión de Burke y Kiens [7]).

Las investigaciones realizadas durante los años noventa demostraron que los cambios metabólicos producidos por la adaptación a las grasas son consistentes. De hecho, persisten durante por lo menos 24 horas a pesar de las estrategias agresivas para aumentar la disponibilidad de carbohidratos (por ejemplo la recuperación del glucógeno muscular y el consumo de carbohidratos antes y durante el ejercicio). En efecto, la adaptación a las grasas podría tomarse como una “fase de agotamiento” ligeramente extendida antes de la carga con carbohidratos. Tal combinación de estrategias dietéticas parecería ser la preparación perfecta para una maratón, por optimizar simultáneamente las reservas de carbohidratos al tiempo que se maximiza la capacidad para la oxidación de grasas. Curiosamente, el efecto sobre el rendimiento no está claro [7]. El fracaso aparente en la traducción de los cambios metabólicos ha sido explicado de diferentes maneras ya sea como un fracaso de los científicos para descubrir los cambios pequeños en el rendimiento que podrían ser importantes en los deportes de la vida real, o por la existencia de sujetos “respondedores” y “no respondedores” frente a las estrategias de adaptación a las grasas.

En la actualidad existe evidencia de que lo que se observó inicialmente como ahorro de glucógeno podría ser, de hecho, una regulación hacia la baja del metabolismo de los carbohidratos o “disminución del glucógeno”. Las estrategias de adaptación a las grasas/recuperación de carbohidratos, están asociadas con una reducción en la actividad de una enzima clave que regula el metabolismo de los carbohidratos; la piruvato deshidrogenasa (ver Burke y Kiens [7]). Un cambio de este tipo afectaría las tasas de glucógenolisis en un momento en que las necesidades de carbohidratos en el músculo son elevadas. Esto explica la observación que cuando se aplica la estrategia de adaptación a las grasas/recuperación de carbohidratos a los protocolos de ejercicio que simulan una carrera real (es decir el mismo ritmo y alternancia de ejercicios de alta intensidad y ejercicios de moderada intensidad), está comprometida la capacidad para realizar esprints de alta intensidad. Aunque una maratón se ve como un evento de resistencia, todas las actividades críticas en una carrera (i.e. momentos en los que se separan del grupo, el ascenso a una colina o un esprint hacia la línea de llegada) dependen de la capacidad del corredor de trabajar en intensidades altas. Con cada vez mas evidencia de que se puede afectar esta capacidad crítica, quedaría claro que las estrategias de adaptación a las grasas o de agotamiento pre-carga no deben ser utilizadas los corredores de maratón.

## ENTRENAMIENTO Y GLUCÓGENO MUSCULAR

---

Según las recomendaciones actuales de nutrición deportiva [8], la dieta cotidiana de un corredor de maratón debe aportar los carbohidratos suficientes para cubrir los costos de combustible de su programa de entrenamiento y de la recuperación del glucógeno entre los entrenamientos. Es probable que esto esté en el rango de 7-12 g/kg/día según el volumen y la intensidad de las sesiones de entrenamiento. Sin embargo, datos provenientes de las interacciones nutrientes-genes y de las vías de señalización celular que promueven adaptaciones musculares al entrenamiento, han sugerido recientemente que entrenar con niveles de glucógeno bajos o moderados puede acelerar la transcripción de varios genes importantes. En apoyo a esto, un estudio demostró que el entrenamiento con niveles de glucógeno bajo podría acelerar los resultados frente al entrenamiento. En este estudio, los sujetos desentrenados alcanzaron aumentos mayores en el contenido de enzimas musculares y en la resistencia al ejercicio en la pierna entrenada con un protocolo que promovía el agotamiento de las reservas de glucógeno, que en la pierna contra-lateral que realizó el mismo volumen de entrenamiento en un nivel de glucógeno recuperado [9]. Sin embargo, otros estudios crónicos de intervenciones de dieta y entrenamiento en atletas altamente entrenados, entre los que se incluían corredores [10], han demostrado que ingestas más altas de carbohidratos que permiten una mayor recuperación del glucógeno, se asocian con menos síntomas de sobreentrenamiento durante los periodos de alto volumen y con mayores adaptaciones al entrenamiento [4]. En la vida real, es probable que los corredores de alto nivel optimicen los resultados al entrenamiento periodizando su entrenamiento y dieta para que algunas sesiones sean realizadas con un agotamiento de glucógeno relativo mientras que las sesiones importantes sean establecidas para

lograr una mejor recuperación del combustible.

## CONCLUSIÓN

---

Las técnicas de carga de carbohidratos se recomiendan dentro de la preparación para la carrera para ayudar al corredor de maratón a traspasar la línea de llegada según su potencial. Para un corredor bien entrenado, esto puede ser tan simple como realizar una puesta a punto del entrenamiento durante los últimos días antes de la maratón y asegurar ingestas de carbohidratos de 10-12 g/kg/día durante 36-48 horas previas a una carrera. Ya no se considera beneficioso realizar una fase de agotamiento antes de realizar una carga con carbohidratos y esto incluso puede afectar el rendimiento si se realiza durante un período extendido. La recuperación del glucógeno entre los entrenamientos depende de la dieta de entrenamiento y puede requerir ingestas de carbohidratos diarias en el rango de 7-12 g/kg de masa corporal. Es posible obtener algunos beneficios al manipular las reservas de glucógeno para algunos entrenamientos, pero es probable que esto suceda como resultado natural de la periodización de un programa de alto volumen de un corredor de élite.

## REFERENCIAS

---

1. Ahlborg G., Bergstrom J., Brohult J. (1967). Human muscle glycogen content and capacity for prolonged exercise after difference diets. *Forsvarsmedicin*. 3: 85-99
2. Sherman W.M., Costill D.L., Fink W.J., et al. (1981). Effect of exercise-diet manipulation on muscle glycogen and its subsequent utilisation during performance. *Int. J. Sports Med*. 2: 114-8
3. Bussau V.A., Fairchild T.J., Rao A. et al. (2002). Carbohydrate loading in human muscle: an improved 1 day protocol. *Eur. J. Appl. Physiol*. 87: 290-5
4. Burke L. (2007). Middle and long-distance running. In: *Practical sports nutrition. Champaign (IL): Human Kinetics: 109-139*
5. Tarnopolsky M.A., Zawada C., Richmond L.B., et al. (2001). Gender differences in carbohydrate loading are related to energy intake. *J. Appl. Physiol*. 91: 225-30
6. Karlsson J., Saltin B. (1971). Diet, muscle glycogen, and endurance performance. *J. Appl. Physiol*. 31: 203-6
7. Burke L.M., Kiens B. (2006). "Fat adaptation" for athletic performance: the nail in the coffin?. *J. Appl. Physiol* 100 (1): 7-8
8. Burke L.M., Kiens B., Ivy J.L. (2004). Carbohydrates and fat for training and recovery. *J. Sports Sci*. 22: 15-30
9. Hansen A.K., Fischer C.P., Plomgaard P., et al. (2005). Skeletal muscle adaptation: training twice every second day vs training once daily. *J. Appl. Physiol*. 98: 93-9
10. Achten J., Halson S.H., Moseley L., et al. (2004). Higher dietary carbohydrate content during intensified running training results in better maintenance of performance and mood state. *J. Appl. Physiol*. 96: 1331-40

### Cita Original

Louise M. Burke. Nutrition Strategies for the Marathon. Fuel for Training and Racing. *Sports Med*. 37 (4-5): 344-347, 2007.