



# ACLIMATACIÓN AL CALOR PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO ATLÉTICO EN AMBIENTES CALUROSOS

**Michael N. Sawka, PhD** | Escuela de Fisiología Aplicada | Instituto de Tecnología de Georgia | Estados Unidos de América | **Julien D. Périard, PhD y Sébastien Racinais, PhD** | Centro de Investigación de Salud y Rendimiento del Atleta | Aspetar, Hospital de Ortopedia y Medicina del Deporte | Qatar

## PUNTOS CLAVE

- La aclimatación (o aclimatación) al calor confiere adaptaciones biológicas que reducen el estrés fisiológico (por ejemplo, frecuencia cardíaca y temperatura corporal), mejora la comodidad, mejora la capacidad del ejercicio y reduce los riesgos de complicaciones por calor durante la exposición al estrés por calor.
- Las adaptaciones biológicas incluyen respuestas integradas termoregulatorias, cardiovasculares, de líquidos y electrolitos, metabólicas y moleculares.
- La aclimatación al calor ocurre cuando exposiciones repetidas al calor durante el ejercicio son suficientemente estresantes para causar sudoración profusa y temperaturas elevadas en todo el cuerpo.
- Generalmente, se requieren cerca de 1-2 semanas de ~90 min diarios de exposición al calor; pero los atletas con una condición aeróbica alta pueden aclimatarse al calor.
- La aclimatación al calor es específica al estrés del calor ambiental (desierto o trópicos) y a las intensidades del ejercicio físico a las cuales están expuestos los atletas, que pueden simular el medio ambiente competitivo esperado.

## INTRODUCCIÓN

Si se da el tiempo suficiente para adaptarse, el acceso a la sombra y al agua son adecuados, las personas saludables pueden tolerar una exposición prolongada a virtualmente cualquier estrés por calor del ambiente que ocurra naturalmente (Sawka et al., 1996). El estrés por calor resulta de la interacción de las condiciones ambientales (temperatura, humedad, radiación solar), tasa de trabajo físico (producción de calor corporal) y uso de ropa/equipo pesados que impiden la pérdida de calor (Gagge & Gonzalez, 1996; McLellan et al., 2013; Sawka et al., 1996). El estrés por calor ambiental y el ejercicio físico interactúan sinérgicamente al incrementar el estrés en los sistemas fisiológicos (Sawka et al., 2011). De esta forma, realizar ejercicio físico en condiciones calurosas induce un incremento en la temperatura corporal, estrés cardiovascular y alteración en el metabolismo que puede causar malestar térmico, alteración del rendimiento aeróbico e incremento en el riesgo de complicaciones por calor serias (Nybo et al., 2014; Sawka et al., 2011). La aclimatación al calor ofrece ajustes biológicos que reducen estos efectos negativos del estrés por calor (Horowitz, 2014; Sawka et al., 1996, 2011; Taylor, 2014). La aclimatación, o aclimatación al calor, se desarrolla a través de exposiciones repetidas al calor natural (aclimatación) o artificial (aclimatación) respectivamente, que sean suficientemente estresantes para elevar tanto la temperatura central como la de la piel, produciendo una sudoración profusa (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003).

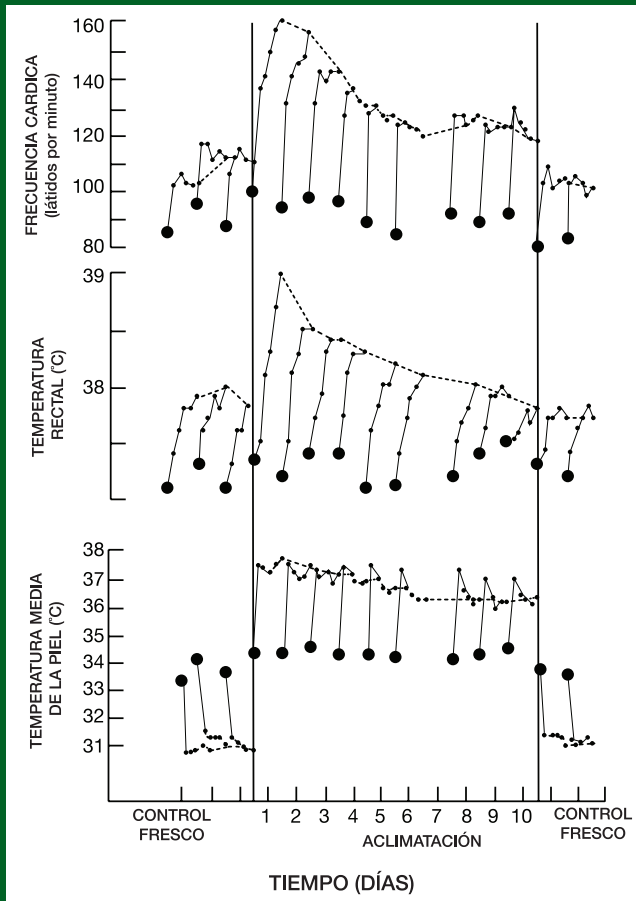
## INTRODUCCIÓN A LA ACLIMATIZACIÓN AL CALOR

La magnitud de las adaptaciones biológicas inducidas por la aclimatación al calor dependen en gran medida de la intensidad, duración, frecuencia y número de exposiciones al calor (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003, Taylor, 2014). Sea descansando o ejercitándose en el calor se tiene cierta aclimatación, pero ejercitarse en el calor es el método más efectivo para desarrollar aclimatación al calor. Usualmente, se requieren cerca de 7-14 días de exposición al calor para inducir aclimatación al calor. Una aclimatación óptima al calor requiere de una exposición mínima diaria al calor de cerca de 90 minutos (que puede ser prolongada hasta 2 horas y dividida en dos exposiciones de 1 hora), combinada con ejercicio aeróbico,

más que con entrenamiento de fuerza. Los atletas deberán incrementar gradualmente la intensidad y duración del ejercicio, o sólo la duración de la exposición al calor, cada día de la aclimatación.

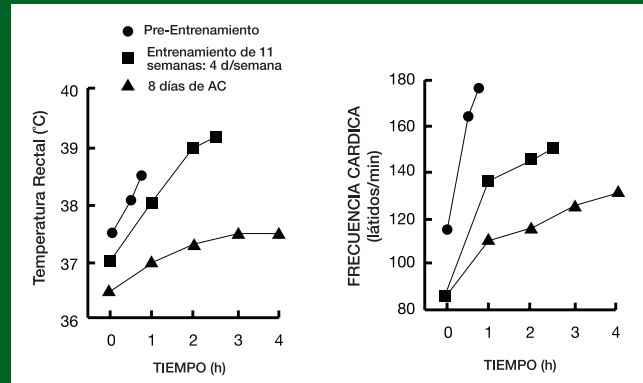
Durante la exposición inicial del ejercicio en calor, el estrés fisiológico es alto, como se manifiesta en el incremento de la temperatura central y la frecuencia cardíaca. El estrés fisiológico inducido por el mismo ejercicio en calor se reduce cada día de la aclimatación. La Figura 1 muestra las respuestas de frecuencia cardíaca, temperatura rectal y temperatura media de la piel de las personas antes y durante el ejercicio en cada día de un programa de aclimatación de 10 días en calor seco (Eichna et al., 1950). Durante el ejercicio diario en clima cálido, la mayoría de las adaptaciones en la frecuencia cardíaca, temperatura de la piel y central, así como la tasa de sudoración se alcanzan durante la primer semana de exposición (Pandolf, 1998; Sawka et al., 1996). La reducción de la frecuencia cardíaca se desarrolla más rápidamente en 4-5 días, y después de 7 días la reducción de la frecuencia cardíaca está esencialmente completa. Los beneficios termoregulatorios de la aclimatación al calor están generalmente completos a los 10-14 días de exposición, pero pequeños beneficios adicionales pueden suceder posteriormente (Sawka et al., 1996).

La aclimatación al calor desaparece gradualmente si no se mantienen las exposiciones continuas y repetidas al ejercicio en calor (Pandolf, 1998). Los beneficios de la aclimatación al calor son mantenidos por ~1 semana y después se reducen cerca del 75% a las ~3 semanas, una vez que la exposición al calor ha terminado. Durante este período, la re-aclimatación ocurre más rápidamente que en la aclimatación inicial cuando una persona se vuelve a exponer al calor (Weller et al., 2007). Un día o dos de clima fresco intermedio no interferirá con la aclimatación al ambiente caluroso. Además, después de lograr la aclimatación al calor, el entrenamiento y la aclimatación al calor se pueden intercalar cada segundo o tercer día (Périard et al., 2015; Sawka et al., 2003).



**Figura 1:** Respuestas de la frecuencia cardíaca, temperatura rectal y ejercicio cada día de un programa de 10 días de aclimatación al calor seco. Los círculos grandes muestran datos antes de empezar el ejercicio y los círculos pequeños conectados con las líneas continuas muestran datos durante el ejercicio con el valor inicial. Adaptado de Eichna et al. (1950).

atletas necesitan integrar programas de aclimatación al calor mientras siguen manteniendo el acondicionamiento aeróbico. Aunque la evidencia previa sugiere que la aclimatación al calor puede ser un método efectivo para aumentar los beneficios del entrenamiento aeróbico en condiciones frías (Lorenzo et al., 2010; Scoon et al., 2007); dichos hallazgos no son universales (Karlsen et al., 2015).



**Figura 2:** Comparación de los beneficios de un programa de entrenamiento aeróbico con un programa de aclimatación al calor (AC) con reducción del estrés fisiológico y mejoría en el rendimiento durante el estrés por el calor en el ejercicio. Reimpresión de Sawka et al. (2011), con datos originales adaptado de Cohen y Gisolfi, (1982).

## ADAPTACIONES FISIOLÓGICAS

La aclimatación al calor mejora el confort térmico y las capacidades de ejercicio aeróbico submáximas y máximas en ambiente caluroso (Gonzalez & Gagge, 1976; Lorenzo et al., 2010; Nielsen et al., 1993; Racinais et al., 2015). La Tabla 1 muestra una breve descripción de los resultados funcionales y las adaptaciones biológicas asociadas con la aclimatación al calor (Sawka et al., 2011). Los beneficios de la aclimatación al calor se logran al mejorar las respuestas de sudoración y flujo sanguíneo a la piel, mejoría en la estabilidad cardiovascular (capacidad de mantener la presión arterial y el gasto cardíaco), mejor equilibrio de líquidos y electrolitos y una menor tasa metabólica (Périard et al., 2015; Sawka et al., 1996, 2011). La aclimatación al calor es específica al clima (desierto o selva) y al nivel de actividad física (Sawka et al., 2003). Sin embargo, la aclimatación al calor del desierto o a climas tropicales pueden mejorar marcadamente las capacidades de ejercitarse en el otro clima caluroso, pero en menor proporción que cuando se aclimata al mismo clima en el cuál será la competencia.

El efecto de la aclimatación al calor sobre el rendimiento del ejercicio aeróbico puede ser muy drástico, ya que aquellos sujetos aclimatizados pueden completar fácilmente las actividades en el calor que previamente fueron difíciles o imposibles (Sawka et al., 1996, 2003). Por ejemplo, la reducción en el rendimiento durante una prueba a su propio paso en el calor se recupera parcialmente después de 1 semana de aclimatación y casi totalmente recuperada después de 2 semanas de aclimatación (Racinais et al., 2015). La mejoría en la capacidad del ejercicio y en la estabilidad cardiovascular probablemente cambien en paralelo. La Figura 3 demuestra la mejoría en la capacidad del ejercicio aeróbico y en la estabilidad cardiovascular con la aclimatación al calor. Cuando 45 sujetos intentaron realizar una caminata de 20 km en un clima desértico, 20 de ellos sufrieron síncope durante el día inicial, mientras que al día 5 del programa de aclimatación, no hubo casos de síncope (Bean & Eichna, 1943).

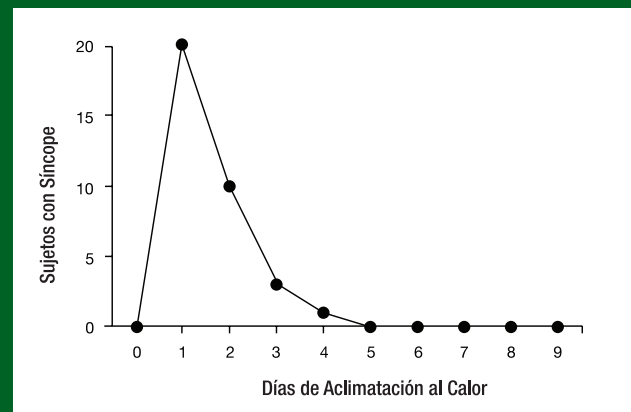
Los atletas aeróbicamente bien entrenados pueden inducir la aclimatación al calor más rápidamente (tanto como el 50%) y mantener sus beneficios por más tiempo que los atletas con baja capacidad aeróbica (Armstrong & Pandolf, 1988; Pandolf, 1998). El entrenamiento aeróbico en climas templados puede reducir el estrés fisiológico y mejorar modestamente las capacidades de ejercitarse en climas calurosos (Périard et al., 2015), pero dichos programas de entrenamiento aeróbicos por sí solos no pueden reemplazar los beneficios de la aclimatación al calor (Armstrong & Pandolf, 1988). La Figura 2 compara el impacto de un programa de entrenamiento aeróbico con aclimatación al calor al reducir el estrés fisiológico y mejorando la resistencia durante el estrés por calor en el ejercicio (Cohen & Gisolfi, 1982). Después de completar una prueba inicial (pre entrenamiento) de ejercicio en calor (4h al ~35% de la potencia aeróbica máxima en condiciones calientes-secas), los sujetos realizaron un programa de entrenamiento (1h/día, 4 veces/semana, por 11 semanas en condiciones templadas) y repitieron la prueba de ejercicio en calor. Posteriormente, los sujetos realizaron un programa de aclimatación al calor (35% de la potencia aeróbica máxima, 4 horas/día por 8 días) y nuevamente realizaron la prueba de ejercicio en calor. Aunque el entrenamiento aeróbico redujo el estrés fisiológico y mejoró la resistencia, estas mejorías fueron muy modestas comparadas con aquellas que se obtuvieron por la aclimatación al calor (Cohen & Gisolfi, 1982). Por lo tanto dado que el estrés por calor afecta el rendimiento aeróbico, los

Confort Térmico	Mejorado	Potencia Aeróbica Máxima	Incrementada
		Rendimiento Aeróbico Submáximo	Mejorado
Temperatura Central <i>Reposo (templado)</i> <i>Ejercicio</i>	Reducida	Sed	Mejorada
		Pérdidas de Electrolitos	Reducidas
		Agua Corporal Total	Incrementada
Sudoración <i>Inicio temprano</i> <i>Tasa Alta</i>	Mejorado	Volumen Plasmático	Incrementado
		Gasto Cardíaco	Mejor Mantenido
		Frecuencia Cardíaca	Reducida
Temperatura de la Piel	Reducida	Volumen Sistólico	Incrementado
Flujo Sanguíneo a la Piel <i>Inicio temprano</i> <i>Tasa Alta (Trópico)</i>	Mejorado	Presión Arterial	Mejor Definida
		Reserva Miocárdica	Incrementada
		Eficiencia Miocárdica	Mejorada
Glucógeno muscular	Ahorrado	Cardioprotección	Mejorada
Umbral de Lactato	Incrementado	Proteínas de Choque de Calor	Incrementadas
Lactato muscular y Plasmático	Reducido	Tolerancia Térmica Adquirida	Incrementada
Generación de Fuerza del Músculo Esquelético	Incrementada	Tasa Metabólica Corporal Total	Menor

**Tabla 1:** Resumen de los resultados funcionales (arriba) y de las adaptaciones biológicas (abajo) asociadas con la aclimatación (Sawka et al., 2011)

Los tres signos clásicos de aclimatación al calor son una menor frecuencia cardíaca, menor temperatura central y una mayor tasa de sudoración durante el estrés inducido por el ejercicio en calor (Sawka et al., 1996, 2011; Taylor, 2014). Además, las temperaturas de la piel generalmente son menores y la sudoración empieza más tempranamente y a una menor temperatura central después de la aclimatación al calor (Nadel et al., 1974). Las glándulas sudoríparas también se vuelven más resistentes a la fatiga por lo que esas altas tasas de sudoración se pueden mantener, particularmente en climas con alta humedad (Gonzalez et al., 1974; Sawka et al., 1996). Una sudoración temprana y alta mejora el enfriamiento por evaporación (si el clima permite la evaporación), reduce la acumulación de calor en el cuerpo y la temperatura de la piel. Temperaturas menores de la piel reducirán el flujo sanguíneo hacia la piel requerido para el balance del calor (debido a un mayor gradiente de temperatura central a la piel) y reduce la reserva venosa cutánea por lo que el volumen sanguíneo se redistribuye de la periferia hacia la circulación central (Sawka et al., 2011). Todos estos factores reducen el estrés cardiovascular y mejoran el rendimiento del ejercicio en calor.

La mejoría en el equilibrio de líquidos por la aclimatación al calor incluye una mejor relación de la sed con las necesidades corporales de agua (Bean & Eichna, 1943; Eichna et al., 1945; Périard et al., 2015), incremento en



**Figura 3:** Incidencia de síncope en 45 hombres caminando con una carga de 9 kg (19.8 lb) por 20 km (12.4 millas) a 49 °C (120.2 °F) y una humedad relativa del 20%. Datos originales adaptados de Bean y Eichna (1943).

el agua corporal total e incremento en el volumen sanguíneo (Mack & Nadel, 1996; Sawka & Coyle, 1999). Una persona no aclimatizada puede secretar sudor con una concentración de sodio de 60 mmol·L<sup>-1</sup> o mayor y, si suda profusamente, puede perder grandes cantidades de sodio (Sawka et al., 1996). Con la aclimatación al calor, las glándulas sudoríparas conservan el sodio al secretar sudor con una concentración de sodio tan baja como 10 mmol·L<sup>-1</sup>. La retención de sodio es probablemente un contribuyente importante al incremento del agua corporal total (Mack & Nadel, 1996). Los atletas se deben asegurar de consumir las cantidades adecuadas de sodio (vía alimento y bebida), particularmente en las etapas tempranas de la aclimatación, ya que los déficits de sal pueden llevar a una deshidratación a pesar de consumir abundantes cantidades de líquidos (Mack & Nadel, 1996).

El calentamiento repetido de los tejidos corporales producen una Tolerancia Térmica Adquirida (TTA), que se refiere a las adaptaciones moleculares de una exposición al calor severa no letal que permite que el organismo sobreviva a una exposición al calor subsecuente y de otra forma letal (Horowitz, 2014). La aclimatación al calor y la TTA son complementarias ya que la aclimatación reduce el estrés por calor y la tolerancia térmica incrementa la supervivencia a una carga de calor determinada (Sawka et al., 2011).

La Tolerancia Térmica Adquirida está asociada con proteínas de golpe de calor (PGC) unidas a polipéptidos celulares desnaturalizados o emergentes y aportan protección y aceleración en la reparación originada del estrés por calor, isquemia, toxicidad de monocitos y radiación ultravioleta (Horowitz, 2014; Sawka et al., 2011). Estas PGC pueden modular la defensa del huésped, producir citocinas inflamatorias y proteger contra la exposición a endotoxinas, lo que debería proteger contra el "síndrome de respuesta inflamatoria sistémica" asociada con el golpe de calor por esfuerzo (Hasday et al., 2014; Horowitz, 2014; Leon and Bouchama, 2015; Welc et al., 2013). Además, la inducción de las PGC pueden estar asociadas con una mejoría en las capacidades aeróbicas en los perros (Bruchim et al., 2014). La aclimatación al calor incrementa los niveles de PGC y las capacidades de inducción en los humanos (McClung et al., 2008). Tanto la exposición al calor como el ejercicio aeróbico de alta intensidad estimulan la síntesis de PGC; sin embargo, la combinación del ejercicio aeróbico y la exposición al calor estimulan una mayor respuesta de las PGC ya que cada estresor lo hace independientemente (Skidmore et al., 1995).

## ESTRATEGIAS DE ACLIMATIZACIÓN AL CALOR PARA ATLETAS

Las estrategias de aclimatización al calor más probadas experimentalmente fueron desarrolladas para instituciones ocupacionales o militares y no para atletas competitivos (Périard et al., 2015). Los atletas competitivos tienen mejor condición física y participan en eventos que requieren mayores intensidades metabólicas. Por lo tanto, los principios de “especificidad del entrenamiento” y la “especificidad de la adaptación” puedan requerir cargas de ejercicio de mayor intensidad que las que se probaron experimentalmente. De hecho, la mayoría de los protocolos de aclimatización al calor se llevaron durante algunos días estimulando una adaptación “lenta”. Sin embargo, los atletas pueden viajar rápidamente de un medio ambiente templado a un clima caluroso-caliente, o de un calor húmedo a un clima con calor seco, y pueden necesitar una inducción más rápida (y completa) de aclimatización al calor para optimizar el rendimiento.

El fenotipo de la aclimatización al ejercicio en calor generalmente es alcanzado a través de una de tres vías de inducción: i) tasa metabólica constante; ii) a su propio ritmo y iii) hipertermia controlada, o aclimatización isotérmica al calor (Périard et al., 2015). La magnitud de la adaptación puede estar relacionada también a la vía de inducción como Taylor (2014) lo ha argumentado, en que la exposición repetida a un régimen de tasa metabólica constante (por ejemplo aclimatización tradicional al calor) resulta en una adaptación menos completa, mientras que el enfoque de la sobrecarga progresiva (por ejemplo, hipertermia controlada a una temperatura central dada) es probable que induzca una aclimatización más completa al calor. Se ha propuesto recientemente que un protocolo de ejercicio con intensidad controlada a través de un nivel determinado de estrés cardiovascular (por ejemplo tasa de calor), que sea mantenido durante la exposición al calor durante el ejercicio diario, puede mejorar aun mas las adaptaciones (Périard et al., 2015).

Para optimizar el rendimiento, el estímulo del calor en el ejercicio deberá ser simulado lo más cercano posible a las condiciones climáticas del ejercicio durante la competencia. Sin embargo, esto puede requerir un incremento gradual en el estrés por calor climático, intensidad y duración del ejercicio y deberá haber compensaciones hechas por el atleta. Por ejemplo, se ha demostrado que un ejercicio de baja intensidad y larga duración estimula los mismos beneficios de aclimatización al calor (por ejemplo, reducción en frecuencia cardiaca de ejercicio, temperatura central y metabolismo) que aquellos que logra el ejercicio de moderada intensidad y corta duración (Houmard et al., 1990).

La aclimatización al calor en un ambiente seco confiere una ventaja sustancial en el calor húmedo, pero las diferencias fisiológicas y biofísicas entre el calor seco y húmedo lleva a uno a esperar que la aclimatización a la humedad pueda producir de alguna forma diferentes adaptaciones fisiológicas de la aclimatización al calor seco. Los beneficios híbridos de la aclimatización del calor húmedo y seco y los beneficios a intensidades altas de ejercicio no han sido bien estudiados. Si se necesita inducir la aclimatización al calor tanto para calor seco como húmedo, y si es importante una inducción rápida, entonces postulamos que podría ser más eficaz que los atletas se aclimaticen primero al calor seco (produciendo adaptaciones a la sudoración con algunos beneficios cardiovasculares) y en segundo lugar aclimatizar a los atletas al calor húmedo (probablemente induciendo mayor regulación de líquidos y adaptaciones cardiovasculares).

### Estrategia

### Sugerencias para Implementación

#### Iniciar temprano

1. Optimizar el acondicionamiento físico previo a iniciar la aclimatización al calor.
2. Iniciar al menos 3 semanas antes de la competencia.
3. Ser flexible y paciente: los beneficios de la aclimatización al calor toman más tiempo que los beneficios fisiológicos.
4. Da tiempo para experimentar con tu rutina de exposición al calor y para ganar confianza.

#### Imita el clima de competencia y las actividades del ejercicio

1. En climas calurosos, aclimatiza durante el calor del día y realiza el entrenamiento físico en partes frescas del día (mañana o tarde).
2. En climas templados entrena en un cuarto caluroso con sudaderas de algodón .
3. El ejercicio induce mayores adaptaciones que descansar en el calor.
4. Replica lentamente las condiciones de tus futuras competencias (medio ambiente y ritmo de trabajo) ya que la aclimatización es específica de los estresores.

#### Asegúrate de un estrés de calor y recuperación adecuados.

1. Induce sudoración profusa.
2. Utiliza ciclos de ejercicio y descanso para incrementar progresivamente tu capacidad de trabajo físico.
3. Entrena por más de 100 minutos continuos de ejercicio físico en el calor.
4. Una vez que puedes ejercitarte confortablemente por 100 minutos en el calor, entonces continua por lo menos 7-14 días con incremento en la intensidad del ejercicio.
5. Dormir en cuartos con aire acondicionado no afectará la aclimatización lograda y ayudará a recuperarse del estrés por calor.

#### Hidrátate y come adecuadamente

1. Tu mecanismo de la sed mejorará conforme te encuentres más aclimatizado, pero seguirás con bajo consumo de líquido si sólo te basas en la sensación de sed.
2. La aclimatización al calor incrementará tus requerimientos de agua, por lo tanto consume suficientes líquidos para evitar la hipohidratación.
3. Sudarás más electrolitos cuando no estas aclimatizado, por lo tanto pon particular atención en consumir líquidos/ alimentos que contengan electrolitos durante la primer semana de aclimatización.
4. No pierdas las comidas, ya que es cuando tu cuerpo repone la mayor parte de los líquidos y sales perdidos.

**Tabla 2:** Estrategias de aclimatización al calor para atletas que se preparan para competencias en ambientes calurosos (modificado de NATO TR-HFM-187, 2013).

## IMPLICACIONES PRÁCTICAS

La Tabla 2 proporciona algunas estrategias y sugerencias a los paramédicos deportivos, entrenadores y atletas para inducir óptimamente la aclimatización al calor antes de las competencias deportivas (Grupo de Tarea HFM-187, 2013). Las estrategias son comenzar temprano, imitar el clima de competencia y las demandas del ejercicio, asegurar un adecuado estrés por calor y recuperación, así como comer y beber adecuadamente.

## RESUMEN

La aclimatización (o aclimatación) es una adaptación biológica que reduce el estrés fisiológico (por ejemplo, frecuencia cardiaca y temperaturas corporales) mejora el confort, mejora las capacidades del ejercicio y

reduce los riesgos de trastornos severos relacionados al calor durante la exposición al estrés por calor. Las adaptaciones biológicas incluyen respuestas integradas de termorregulación, cardiovasculares, de líquidos y electrolitos, metabólicas y moleculares. La aclimatación al calor sucede cuando las exposiciones repetidas de ejercicio en calor son lo suficientemente estresantes para producir sudoración profusa y temperaturas corporales elevadas. Generalmente se requieren cerca de 1-2 semanas de exposición diaria de 90 minutos, pero los atletas altamente acondicionados en la fase aeróbica pueden aclimatizarse al calor en la mitad de ese tiempo. La aclimatación al calor es específica al estrés del calor climático (desierto o trópico) y a las intensidades del ejercicio físico a las cuales son expuestos los atletas, que deberán simular el ambiente esperado en la competencia. Existen estrategias y sugerencias que los paramédicos deportivos, entrenadores y atletas pueden seguir para inducir una aclimatación al calor óptima previo a la competencia deportiva.

## REFERENCIAS

- Armstrong, L.E., and K.B. Pandolf (1988). Physical training, cardiorespiratory physical fitness and exercise-heat tolerance. In K.B. Pandolf, M.N. Sawka and R.R. Gonzalez (eds.) *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. Benchmark Press, Indianapolis, IN, pp. 199-226.
- 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.
- Bruchim, Y., I. Aroch, A. Eliav, A. Abbas, I. Frank, E. Kelmer, C. Codner, G. Segev, Y. Epstein, and M. Horowitz. (2014). Two years of combined high-intensity physical training and heat acclimatization affects serum lymphocyte and serum HSP70 in purebred military working dogs. *J. Appl. Physiol.* 117:112-118.
- Cohen J.S., and C.V. Gisolfi (1982). Effects of interval training on work-heat tolerance of young women. *Med. Sci. Sports Exerc.* 14:46-52.
- Eichna, L.W., C.R. Park, N. Nelson, S.M. Horvath, and E.D. Palmes (1950). Thermal regulation during acclimatization in a hot, dry (desert type) environment. *Am. J. Physiol.* 163:585-597.
- Eichna, L.W., W.B. Bean, W.F. Ashe, and N.G. Nelson (1945). Performance in relation to environmental temperature. Reactions of normal young men to hot, humid (simulated jungle) environment. *Bull. Johns Hopkins Hosp.* 76:25058.
- Gagge A.P., and R.R. Gonzalez (1996). Mechanisms of heat exchange: biophysics and physiology. In: M.J. Fregly and C.M. Blatteis (eds.) *Handbook of Physiology. Environmental Physiology*. Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., sect. 4, pp. 45-84.
- Gonzalez R.R., and A.P. Gagge (1976). Warm discomfort and associated thermoregulatory changes during dry, and humid-heat acclimatization. *Israeli J. Med. Sci.* 12:804-807.
- Gonzalez, R.R., K.B. Pandolf and A.P. Gagge (1974). Heat acclimation and decline in sweating during humidity transients. *J. Appl. Physiol.* 36:419-425.
- Hasday, J.D., C. Thompson, and I. Singh (2014). Fever, immunity, and molecular adaptations. *Compr. Physiol.* 4:109-148.
- Horowitz, M. (2014). Heat acclimation, epigenetics, and cytoprotection memory. *Compr. Physiol.* 4:199-230.
- Houmard J.A., D.L. Costill, J.A. Davis, J.B. Mitchell, D.D. Pascoe, and R. Robergs (1990). The influence of exercise intensity on heat acclimation in trained subjects. *Med. Sci. Sports Exerc.* 22:615-620.
- Karlsen, A., S. Racinais, M.V. Jensen, B.J. NØrregaard, T. Bonne and L. Nybo (2015). Heat acclimation does not improve VO2max or cycling performance in a cool climate in trained cyclists. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 25:269-276.
- Leon, L. R. and A. Bouchama (2015). Heat stroke. *Compr. Physiol.* 5:611-647.
- Lorenzo S., J.R. Halliwill, M.N. Sawka, and C.T. Minson (2010). Heat acclimation improves exercise performance. *J. Appl. Physiol.* 109:1140-1147.
- Mack, G.W., and E.R. Nadel (1996). Body fluid balance during heat stress in humans. In: M.J. Fregly and C.M. Blatteis (eds.) *Handbook of Physiology: Environmental Physiology*, New York: Oxford University Press, Bethesda, MD: Am. Physiol. Soc., sect. 4, pp. 187-214.
- McClung J.P., J.D. Hasday, J. Hr, S.J. Montain, S.N. Cheuvront, M.N. Sawka, and I. Singh (2008). Exercise-heat acclimation in humans alters baseline levels and ex vivo heat inducibility of HSP72 and HSP90 in peripheral blood mononuclear cells. *Am. J. Physiol.* 294:R185-R191.
- McLellan, T.M., H.A.M. Daanen, and S.S. Cheung (2013). Encapsulated environment. *Compr. Physiol.* 3:1363-1391.
- Nadel, E.R., K.B. Pandolf, M.F. Roberts, and J.A.J. Stolwijk (1974). Mechanisms of thermal acclimation to exercise and heat. *J. Appl. Physiol.* 37:515-520.
- Nielsen, B., J.S.R. Hales, S. Strange, N.J. Christensen, J. Warberg, and B. Saltin (1993). Human circulatory and thermoregulatory adaptations with heat acclimation and exercise in a hot, dry environment. *J. Physiol.* 460:467-485.
- Nybo, L., P. Rasmussen, and M.N. Sawka (2014). Performance in the heat-physiological factors of importance for hyperthermia-induced fatigue. *Compr. Physiol.* 4:657-689.
- Pandolf, K.B. (1998). Time course of heat acclimation and decay. *Int. J. Sports Med.* 19:S157-S160.
- Périard, J.D., S. Racinais, and M.N. Sawka (2015). Adaptation and mechanisms of human heat acclimation. *Scand. J. Med. Sci. Sports.* 25:S20-S38.
- Racinais S, J.D. Périard, A. Karlsen, and L. Nybo (2015). Effect of heat and heat-acclimatization on cycling time-trial performance and pacing. *Med. Sci. Sports Exerc.* 47:601-606.
- Sawka, M.N., and E.F. Coyle (1999). Influence of body water and blood volume on thermoregulation and exercise performance in the heat. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 27:167-218.
- Sawka, M.N., C.B. Wenger, and K.B. Pandolf (1996). Thermoregulatory responses to acute exercise-heat stress and heat acclimation. In: M.J. Fregly and C.M. Blatteis (eds) *Handbook of Physiology, Section 4, Environmental Physiology*. Oxford University Press, New York, Section 4, pp. 157-185.
- Sawka, M.N., S.N. Cheuvront, and M.A. Kolka (2003). Human adaptations to heat stress. In: H. Nose, G.W. Mack and K. Imaizumi (eds.) *Exercise, Nutrition and Environmental Stress*, Traverse City, MI: Cooper Publishing, 3:129-153.
- Sawka, M.N., L.R. Leon, S.J. Montain, and L.A. Sonna (2011). Integrated physiological mechanisms of exercise performance, adaptation, and maladaptation to heat stress. *Compr. Physiol.* 1:1883-1928.
- Scoon, G.S., W.G. Hopkins, S. Mayhew, and J.D. Cotter JD (2007). Effect of post-exercise sauna bathing on the endurance performance of competitive male runners. *J. Sci. Med. Sport* 10:259-262.
- Skidmore, R., J.A. Gutierrez, V. Guerriero Jr., and K.C. Kregel (1995). HSP70 induction during exercise and heat stress in rats: Role of internal temperature. *Am. J. Physiol.* 268: R92-R97.
- Task Group HFM-187 (2013). Management of heat and cold stress guidance to NATO medical personnel. RTO Technical Report AC/323(HFM-187)TP/496, North Atlantic Treaty Organization.
- Taylor, N.S. (2014). Human heat adaptation. *Compr. Physiol.* 4:325-365.
- Welc, S.S., T.L. Clanton, S.M. Dineen, and L.R. Leon (2013). Heat stroke activates a stress-induced cytokine response in skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 115:1126- 1137.
- Weller A.S., D.M. Linnane, A.G. , and H.A. Daanen (2007). Quantification of the decay and re-induction of heat acclimation in dry-heat following 12 and 26 days without exposure to heat stress. *Eur. J. Appl. Physiol.* 102:57-66.

## TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Sawka, M. (2015). Heat Acclimatization to improve athletics performance in warm-hot environments. *Sports Science Exchange* 153, Vol. 28, No. 153, 1-6, por el Dr. Samuel Alberto García Castrejón.