

Capítulo 44. Homeostasis II: la regulación de la temperatura

La vida puede existir solamente dentro de una gama de temperaturas muy estrecha, desde aproximadamente 0° C hasta 50° C, con pocas excepciones. Los animales buscan ambientes con temperaturas adecuadas o bien crean ambientes internos adecuados. El mantenimiento de una temperatura constante depende del equilibrio entre la ganancia y la pérdida de calor. Las dos fuentes primarias de ganancia de calor son la energía radiante del Sol y el metabolismo celular. Se pierde calor por conducción -lo cual, en los fluidos, es ayudado por la convección- a través, de la evaporación y a través de la radiación.

En el lenguaje común, los animales frecuentemente se caracterizan como de sangre fría o de sangre caliente. Pero ¿cuál es la temperatura límite que permite separar a los animales de sangre caliente de los de sangre fría? Evidentemente, esta clasificación presenta una dificultad. Los términos poiquilotermo y homeotermo también pueden resultar ambiguos. Poiquilotermo es un animal con temperatura corporal variable, mientras que un homeotermo mantiene la temperatura del cuerpo constante. Se considera que la mayoría de los mamíferos y aves que conocemos son homeotermos, pero ¿qué pasa con un pez que vive en las profundidades del océano donde la temperatura del agua es constante y similar a la temperatura del cuerpo?

Ante las posibles confusiones generadas por términos ambiguos, se definieron los términos ectotermo y endotermo para describir el comportamiento térmico de un organismo. Estos términos hacen referencia a la fuente generadora de calor que bien puede ser externa o estar dentro del organismo.

Los ectotermos acuáticos y terrestres son víctimas de los cambios de temperatura del ambiente. La mayoría de los ectotermos acuáticos no pueden regular su temperatura y mantienen una temperatura corporal que es igual a la temperatura del medio acuoso externo; en ese caso, se los considera poiquilotermos. Por el contrario, los ectotermos terrestres, como los reptiles, regulan su temperatura corporal controlando la cantidad de calor que captan del exterior.

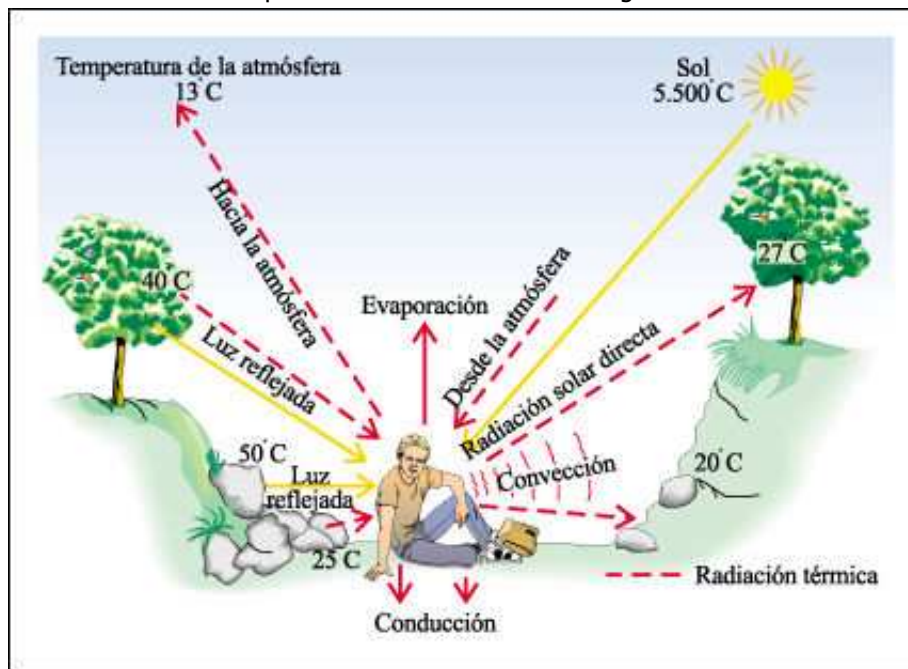
Los endotermos producen calor en forma endógena y esto permite la regulación precisa de la temperatura corporal. Esa es la razón principal por la que la mayoría de los endotermos son buenos homeotermos, es decir, que mantienen la temperatura corporal relativamente constante a pesar de las fluctuaciones de la temperatura ambiente.

Principios de balance calórico

El balance de calor requiere que la pérdida y ganancia neta de calor en un animal sean iguales. Para los animales, como para todos los otros organismos vivos, hay dos fuentes primarias de calor: la energía radiante del Sol y las reacciones químicas que ocurren dentro de las células. Sin embargo, el calor del cuerpo puede perderse por varios mecanismos diferentes.

De acuerdo con la segunda ley de la termodinámica, el calor es transferido desde un cuerpo más caliente a un cuerpo más frío. Si los dos cuerpos están en contacto físico, el calor se transmite por conducción. El agua es un excelente conductor de calor, mientras que el aire es un conductor pobre. La pérdida de calor por conducción siempre es influida por la convección, el movimiento de aire o agua en forma de corrientes. La grasa, al igual que el aire, es un conductor de calor pobre, y ambos pueden servir como aislantes. Muchos animales están típicamente aislados por medio de su pelaje o sus plumas -que atrapan el aire cercano al cuerpo- o por su grasa.

Otra vía para la pérdida de calor es la evaporación. Cada vez que un gramo de agua cambia de líquido a gas, se lleva consigo más de 500 calorías. Muchos organismos, incluidos los humanos, se valen de esta propiedad del agua que constituye un medio de ajuste rápido del balance calórico. La radiación, la transferencia de energía por medio de ondas electromagnéticas en ausencia de contacto directo, es una ruta no sólo para la ganancia, sino también para la pérdida de calor. En general, la energía térmica que incide sobre un objeto se absorbe como calor, o se refleja. Los objetos oscuros absorben más calor que los de color claro.



Intercambios de calor entre un mamífero y su ambiente.

La temperatura interna del cuerpo del hombre es 37° C. La temperatura del aire es 30° C si no hay corrientes de aire.

Independientemente del mecanismo, el calor se transfiere hacia adentro o hacia afuera de cualquier objeto, animado o inanimado, a través de su superficie. Así, la transferencia de calor, al igual que la difusión de oxígeno y dióxido de carbono a través de la superficie respiratoria, es proporcional al área superficial expuesta. Mantener una temperatura corporal constante es mucho más difícil para un animal pequeño que para un animal grande.

Patrones de regulación térmica

Los términos endotermo y ectotermo hacen referencia a la fuente generadora de calor de un animal. Así, un ectotermo es un animal cuya temperatura es controlada, principalmente, por una fuente externa de calor, y su capacidad de generar calor metabólico es insignificante. Ejemplos típicos de animales ectotérmicos son los reptiles, los anfibios, los peces y los invertebrados. Los mamíferos, las aves y muy pocas especies de reptiles, peces e insectos son endotermos. En ellos, la fuente principal de producción de calor es interna, y se debe principalmente al alto metabolismo oxidativo. Las divisiones entre endotermia y ectotermia -o entre homeotermia y poiquilotermia- representan extremos ideales y que rara vez se encuentran en la naturaleza. Muchos endotermos mantienen su temperatura constante cuando las temperaturas del ambiente permiten esta estrategia o cuando la disponibilidad de comida es alta, pero su temperatura corporal baja rápidamente cuando las condiciones externas empeoran. Otros animales nunca alcanzan la homeotermia, pero producen suficiente calor metabólico como para elevar la temperatura corporal por sobre la del medio ambiente.

Ectotermos

Los ectotermos acuáticos y terrestres se enfrentan con problemas diferentes. Están rodeados por una gran masa de agua que tiene una gran capacidad para absorber y conducir el calor; esto limita severamente la regulación de la temperatura corporal de estos animales. Aunque los procesos metabólicos de estos animales generan calor, por lo general éste es mucho menor que la cantidad generada por un endotermo típico, y además, se disipa rápidamente, aun en los animales grandes. Una gran proporción de este calor se pierde por las branquias.

Las grandes masas de agua mantienen una temperatura muy estable. En las masas de agua más pequeñas, donde ocurren los cambios de temperatura más grandes, los peces buscan un nivel de temperatura óptima en el que mejor se desarrollen sus procesos metabólicos pero pueden ser

víctimas de cualquier cambio rápido y drástico en la temperatura del medio acuático.

Las temperaturas en tierra firme, en contraste con las del agua, pueden variar mucho. Así, la regulación de la temperatura, al igual que la conservación del agua, constituye un problema para los animales terrestres. Por otro lado, el aire tiene una menor conductividad térmica y capacidad calorífica que el agua, lo cual permite a los ectotermos terrestres mantener una temperatura diferente a la del medio ambiente.

Los reptiles son capaces de mantener temperaturas corporales notablemente estables durante sus horas de actividad, variando la cantidad de radiación solar que absorben. Orientando sus cuerpos de modo de exponer la máxima superficie a la radiación solar, pueden calentarse rápidamente y cambiando frecuentemente de posición y así, son capaces de mantener su temperatura dentro de una gama muy estrecha mientras brille el Sol.



Un reptil del desierto que, sobrecalentado por el Sol levanta su cuerpo de modo que el aire circule por debajo suyo y, así, lo enfríe.

Como el metabolismo depende de la temperatura, cuando no están expuestos al Sol, sus temperaturas corporales caen y se inhiben los procesos metabólicos. Como resultado de esto, se vuelven muy lentos en sus movimientos y, para no quedar expuestos a los depredadores, buscan refugio.

Muchos ectotermos tanto acuáticos como terrestres pueden sobrevivir e incluso funcionar normalmente a bajas temperaturas. Cuando el tejido se congela, la formación y el crecimiento de cristales de hielo rompe las células. Varios ectotermos, como los artrópodos polares, poseen mecanismos que previenen el congelamiento de sus tejidos: pueden aumentar la concentración de sustancias de sus fluidos de manera de disminuir la temperatura a la cual se congelan (depresión osmótica del punto de congelamiento). Otra estrategia consiste en permitir que los fluidos se superenfrien, es decir, que se mantengan líquidos a temperaturas por debajo de su punto de congelamiento.

Por otra parte, un ectotermo terrestre puede responder a temperaturas ambientales elevadas previniendo o reduciendo el aumento de la temperatura corporal mediante el enfriamiento por evaporación. Pero esto trae el problema de la pérdida de agua que diferentes animales "resuelven" de distintas maneras.

La forma más sencilla de reducir la temperatura de la superficie corporal es la evaporación pasiva. En los ectotermos terrestres hay distintos mecanismos de termorregulación que actúan a distintos niveles: el jadeo, la disminución de calor al exponer el cuerpo al Sol o a la sombra, la variación de la frecuencia cardíaca y el flujo de sangre a los tejidos periféricos para evitar el sobrecalentamiento.

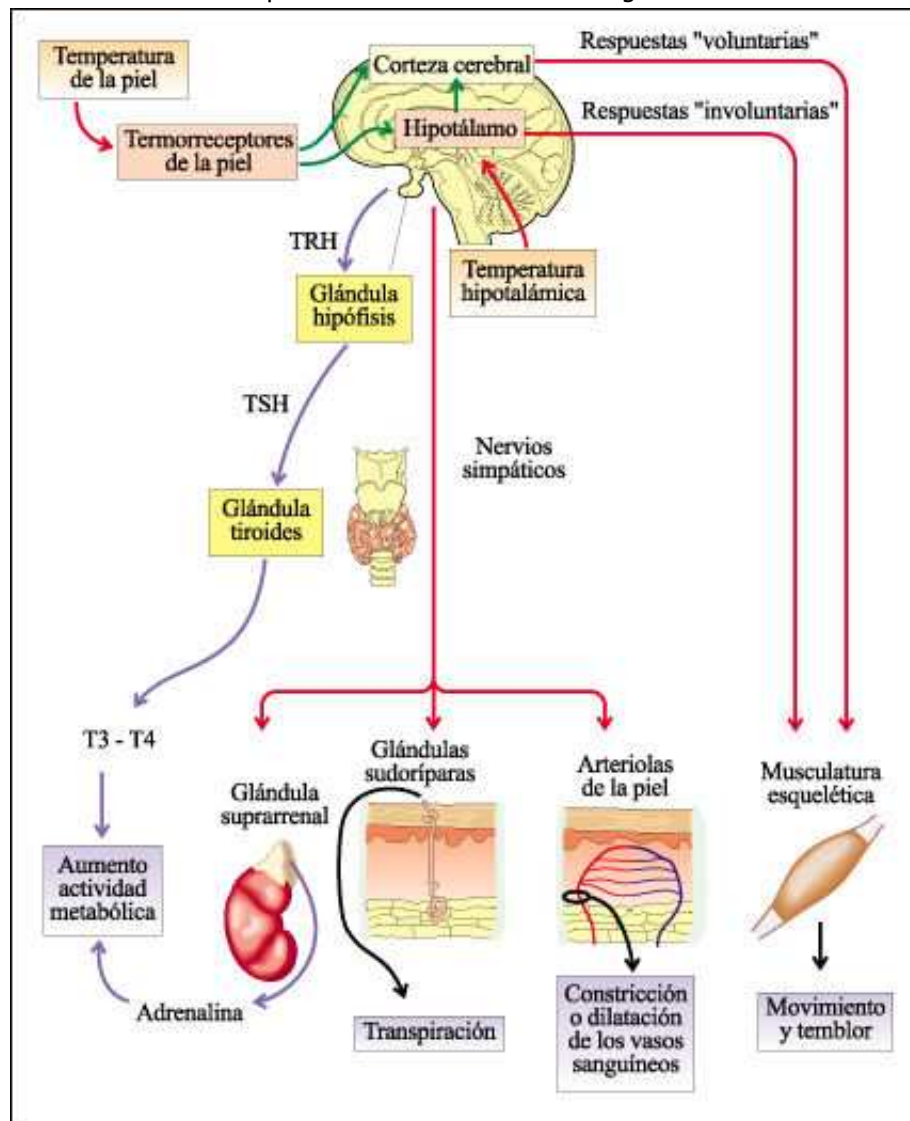
Los ectotermos acuáticos hacen uso de una estrategia distinta. Algunos de ellos simplemente evitan ambientes térmicos desfavorables. Cuando el aumento de temperatura ambiente es gradual, el organismo puede ajustar su maquinaria bioquímica de forma de introducir cambios en la cantidad y calidad de las proteínas, y cambios en la composición y fluidez de la membrana.

La ectotermia tiene algunas ventajas. Para algunos ectotermos la temperatura corporal está siempre muy cercana a la temperatura del medio ambiente y por lo tanto estos animales no destinan energía metabólica a la regulación térmica. Esto también trae ciertas desventajas: en un ambiente térmico variable, muchas funciones fisiológicas -como la locomoción, la digestión, el crecimiento y la excreción- y bioquímicas -como las llevadas a cabo por enzimas- no pueden funcionar de manera óptima. Otros ectotermos poseen mecanismos comportamentales que les permiten regular su temperatura interna y aprovechar, así, las ventajas de una temperatura corporal relativamente estable al mismo tiempo que reducen el costo energético de tener que producir grandes cantidades de calor. Además, durante la noche, cuando baja la temperatura, la temperatura corporal de estos animales disminuye, con lo cual el ahorro energético es aun mayor. En consecuencia, en términos relativos, un ectotermo puede invertir una proporción mayor de su energía metabólica en crecimiento y reproducción que un endotermo.

Endotermos

En los endotermos, la oxidación de la glucosa y otras moléculas productoras de energía dentro de las células del cuerpo constituye la principal fuente de calor. En general, la producción endógena de calor permite la regulación precisa de la temperatura corporal. Esa es la razón principal por la que la mayoría de los endotermos son buenos homeotermos, es decir, que mantienen la temperatura corporal relativamente constante a pesar de las fluctuaciones de la temperatura ambiente. Todos los homeotermos son endotermos. La homeotermia trajo consigo un número de ventajas, de las cuales tal vez la más importante fue la capacidad de funcionar al máximo de la eficiencia posible, aun a bajas temperaturas externas.

Las aves y los mamíferos son endotermos homeotérmicos, es decir, generan calor interno y, además, mantienen la temperatura del cuerpo relativamente constante e independiente de las fluctuaciones externas. La temperatura corporal es mantenida por un sistema de regulación automático -un termostato- situado en el hipotálamo, en la base del cerebro.



Regulación de la temperatura corporal en los mamíferos.

La temperatura corporal en los mamíferos está regulada por una red compleja de actividades, que implica tanto al sistema nervioso como al endocrino. El centro regulador de la temperatura está en el hipotálamo. El hipotálamo recibe la información de los termorreceptores situados en la piel y ciertas estructuras internas, como el mismo hipotálamo. En este esquema, las flechas rojas representan vías nerviosas y las flechas azules indican vías hormonales. En el hombre, la ruta hormonal juega un papel secundario. En otros animales, sin embargo, es la vía principal en la regulación de la temperatura. La hormona liberadora de la tirotropina -TRH- es segregada por el hipotálamo y estimula a la hipófisis para que fabrique la hormona estimulante de la tiroides -TSH-. Esta hormona estimula a la tiroides a fabricar las hormonas triyodotironina (T3) y tiroxina (T4). Estas hormonas tiroideas estimulan el metabolismo energético celular, actuando directamente sobre las mitocondrias.

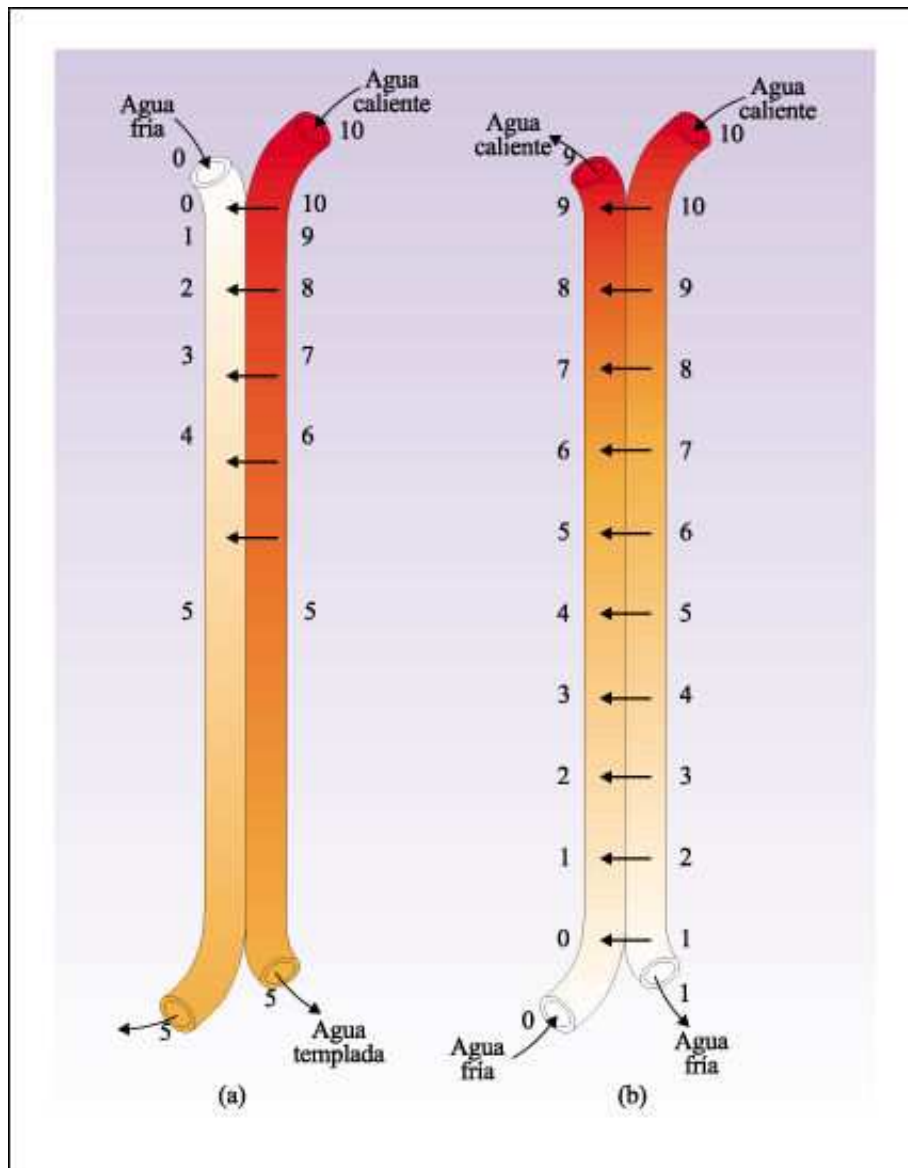
La elevación de la temperatura corporal, conocida como fiebre, no se debe a un mal funcionamiento del termostato hipotalámico sino que, por el contrario, se debe a un reajuste del valor de referencia. El reajuste del termostato se inicia en presencia de sustancias llamadas pirógenos (que producen fiebre).

Se ha comprobado que la temperatura elevada mejora la respuesta inmune reduciendo el crecimiento de patógenos. Sin embargo, por encima de 42°C el organismo puede sufrir un shock térmico que puede ser fatal si no se toman medidas adecuadas oportunamente.

Cuando varía la temperatura corporal se producen respuestas fisiológicas que compensan esos cambios.

Los animales ajustan su gasto energético. Consumen menos energía cuando están en reposo que cuando están activos; ahorran combustible al disminuir el valor de la temperatura de referencia del termostato, ya que disminuye la velocidad de los procesos metabólicos responsables de la generación de calor. Algunos animales hibernan reduciendo su metabolismo.

Numerosos animales tienen mecanismos que les permiten conservar el calor en algunas partes del cuerpo y permitir que disminuya la temperatura en otras mediante un dispositivo de contracorriente que por ejemplo, mantiene el calor en el cuerpo y lo aleja de las extremidades.



Modelo del principio del intercambio de calor por contracorriente, como ocurre en las extremidades de muchos animales.

En a) el agua caliente y el agua fría fluyen en la misma dirección. El calor del agua caliente fluye hacia el agua fría y la entibia hasta que ambas temperaturas se igualan en el punto 5 de esta escala arbitraria. Por lo tanto, ya no ocurre intercambio posterior y el agua que sale de ambos tubos tiene una temperatura intermedia, es decir, es templada. En b) el flujo es a contracorriente, de modo que la transferencia de calor continúa a todo lo largo de los tubos. Así, el agua caliente transfiere la mayor parte de su calor cuando pasa a través del tubo, y el agua fría se calienta hasta casi la temperatura inicial del agua caliente en su fuente.

Algunos animales son endotermos no homeotérmicos, es decir, pueden generar calor metabólico, pero su capacidad para controlar la temperatura es limitada o está restringida a determinadas partes del cuerpo.

La endotermia no se restringe a los animales. Algunas plantas producen suficiente calor metabólico

como para elevar la temperatura floral por encima de la temperatura ambiente. Esto permite que su olor se volatilice lo que atrae insectos polinizadores. Algunas plantas que florecen en la nieve también muestran termorregulación.

En el transcurso de la evolución, el aumento del metabolismo aérobico permitió que algunos animales adquirieran una mayor capacidad locomotora y secundariamente una producción significativa de calor interno. Es el caso de algunas especies de peces, reptiles e insectos que son endotermos. En las aves y mamíferos, el perfeccionamiento de la endotermia, el aislamiento térmico y los mecanismos homeostáticos determinaron que estos animales pudieran alcanzar la homeotermia.



El cuarto Blanco - Biblioteca Web