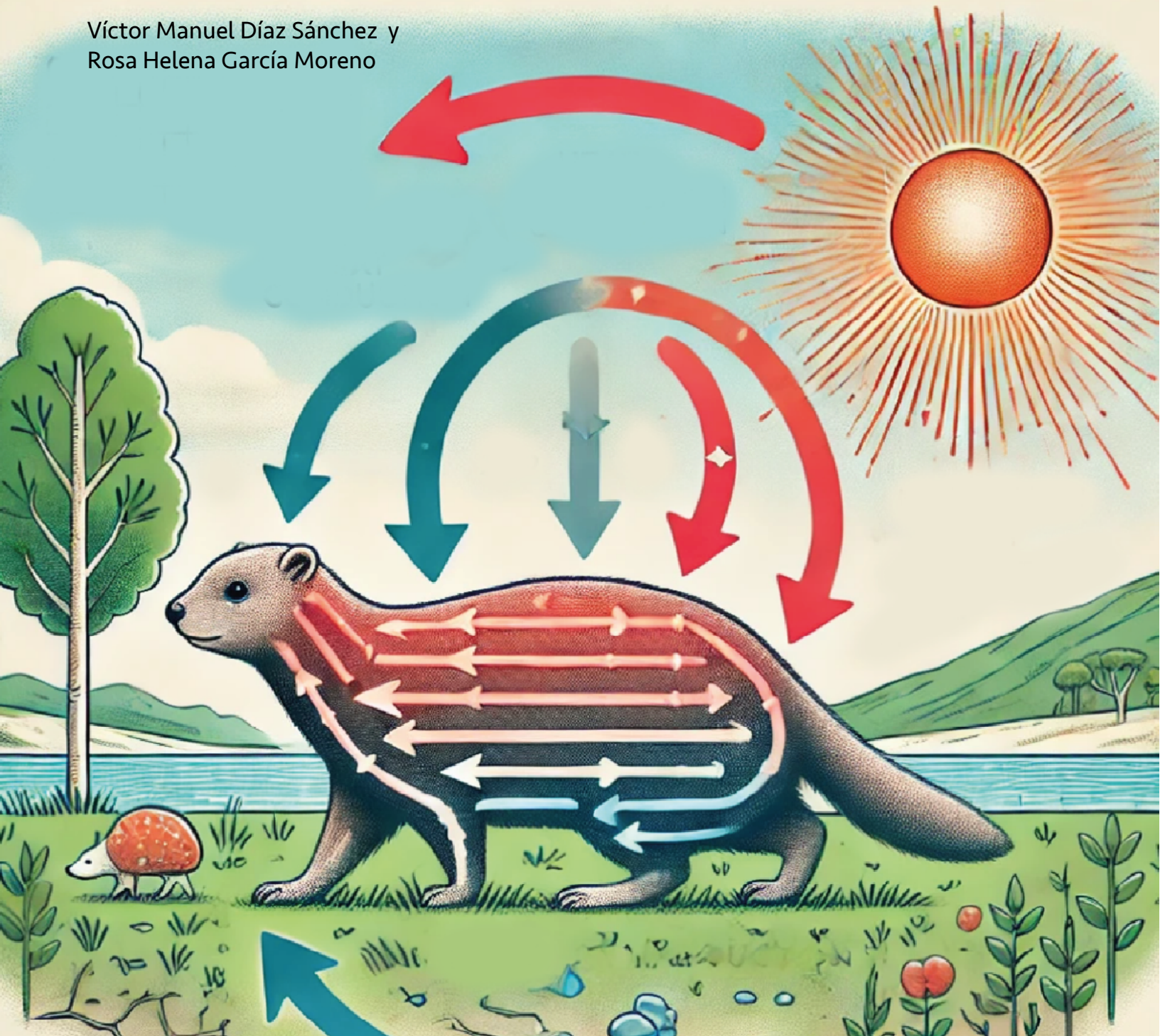


Termorregulación:

La ciencia detrás del equilibrio térmico en los animales

Víctor Manuel Díaz Sánchez y
Rosa Helena García Moreno



La temperatura corporal central es uno de los parámetros más estrictamente regulados de la fisiología, cuyas variaciones se deben, además de la temperatura corporal, al ritmo circadiano en los animales (Kurz, 2008). La termorregulación es el mantenimiento de una temperatura corporal central relativamente constante (Tansley & Johnson, 2015). Es importante mencionar que muchos de los eventos fisiológicos dependen de la temperatura; la actividad enzimática, efectora de muchas de las funciones del organismo, se desarrolla mejor a una cierta temperatura (óptima), por encima y por debajo de la cual las reacciones bioquímicas son menos eficientes (Lifshitz, 2007).

Los receptores de frío y calor se distribuyen por todo el cuerpo. Las entradas térmicas están integradas en numerosos niveles dentro de la médula espinal y el sistema nervioso central (Figura 1), llegando finalmente al hipotálamo, que es el controlador termorregulador dominante en los mamíferos (Kurz, 2008). La termorregulación refleja, es totalmente ajena a la voluntad del individuo, existen termorreceptores que detectan los estímulos térmicos. La información detectada por los receptores es enviada por vías aferentes hasta el hipotálamo, con relevos en la médula espinal y el mesencéfalo. El centro integrador hipotalámico organiza su respuesta a los estímulos térmicos y envía señales nerviosas a través de vías diferentes. Estas señales alcanzan finalmente a los órganos efectores capaces de conservar o disipar la energía térmica, de manera que la temperatura corporal permanece constante (López Dávila, 2014).

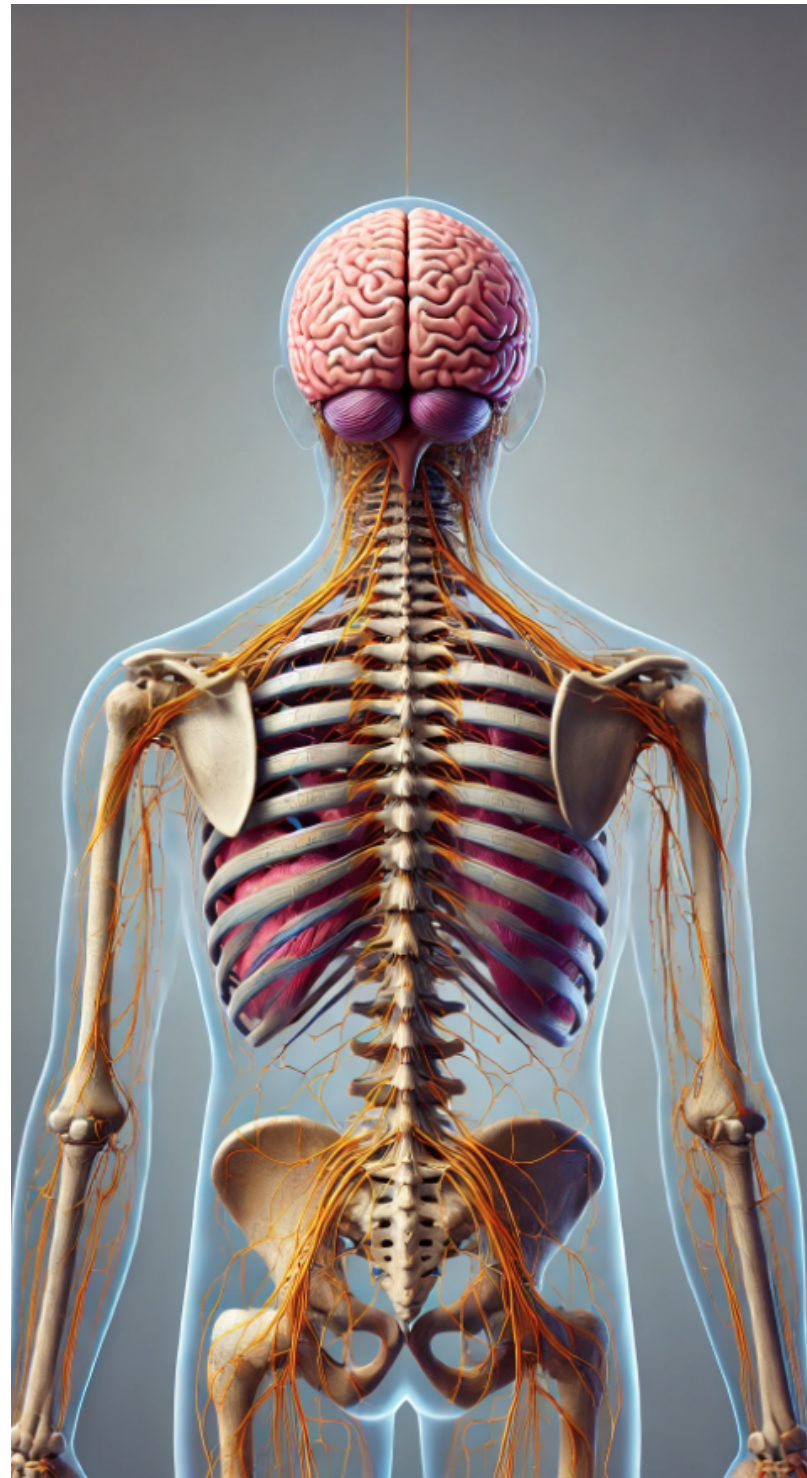


Figura 1. Sistema nervioso central

Los animales tienen diferentes estrategias para regular la temperatura de sus tejidos, descritos en el cuadro 1, y comprenden modificaciones somáticas, endocrinas, conductuales y las originadas en el sistema autónomo (Barret *et al.*, 2013).

Tabla 1.
Mecanismos reguladores de la temperatura
(Barret *et al.*, 2013)

Mecanismos activados por el frío
Escalofríos
Hambre
Mayor secreción de noradrenalina y adrenalina
Menor pérdida de calor
Vasoconstricción cutánea
Acurrucamiento
Mecanismos activados por el calor
Mayor pérdida calórica
Vasodilatación cutánea
Sudoración
Taquipnea
Menor producción de calor
Anorexia
Apatía
Inercia

Los organismos ectotérmicos (poiquilotérmicos) no tienen un sistema interno de termorregulación tan desarrollado, por lo cual desarrollan conductas que los llevan a buscar temperaturas que armonicen con sus necesidades metabólicas y requieren menor energía y mayor capacidad de sobrevivencia con menos

alimentos por periodos prolongados de tiempo, como en el caso de la mariposa Monarca, emigran de Canadá a México en busca de una mejor temperatura ambiental. Por otro lado, los endotérmicos (homeotérmicos) pueden mantener una temperatura relativamente constante gracias a un sistema integrado, que permite a estos animales vivir en climas con diferentes temperaturas, por lo que requiere un consumo energético elevado (Lifshitz, 2007).

Cuando se ingiere alimento, se produce calor en todas las etapas del proceso metabólico. Con el tiempo, toda la energía alimentaria se convierte en calor, que se disipa hacia el medio ambiente y se irradia al exterior (Klein, 2014). La angustia emocional de estar demasiado caliente o frío es un factor importante para motivar el comportamiento para buscar o producir una temperatura ambiente más “cómoda” y se acompaña el establecimiento de una temperatura ambiente homeostática (es decir, dentro de la zona termoneutral). Por la recompensa (satisfacción) de estar en un ambiente termal agradable (Morrison & Nakamura, 2011).

El metabolismo basal (MB) es el índice de metabolismo energético medido en condiciones de mínimo estrés mientras el animal está en ayunas. El MB es mayor en los homeotermos que en los poiquilotermos y mayor en mamíferos más pequeños que en los más grandes por la mayor relación superficie/volumen de los primeros, que proporciona más superficie para perder calor. Dentro de los principales mecanismos para estimular la generación de calor ante un ambiente frío están: tejido adiposo marrón o grasa parda, corazón y músculo esquelético (escalofríos). Por otro lado, el calor se transfiere más eficazmente por la sangre, que recoge el calor y lo transfiere a las partes más frías del

cuerpo por convección. El calor se produce sobre todo en los músculos de las extremidades y el hígado, se elimina a través de la piel y el tracto respiratorio, por lo que es necesario distribuirlo por todo el cuerpo (Klein, 2014).

La piel juega un papel fundamental en el proceso de termorregulación. El calor se disipa del cuerpo cuando la sangre se acerca a la superficie de la piel. Esto se logra a través de la vasodilatación de los vasos sanguíneos de la piel (Tansey & Johnson, 2015). La vasoconstricción cutánea, el mecanismo efector utilizado más sistemáticamente, reduce la pérdida de calor metabólico de la convección y la radiación de la superficie de la piel (Kurz, 2008). Cuando peligra el mantenimiento de la temperatura del cerebro y vísceras, se distribuye el flujo sanguíneo y se le conoce como temperatura núcleo corporal (Klein, 2014). En el caso de una sobrecarga térmica, las arteriolas de los lechos vasculares dérmicos se dilatan, permitiendo al aumento del flujo capilar. Después se abren por anastomosis arteriovenosas de las extremidades, hocico y orejas. De esta manera los tejidos periféricos se calientan y facilitan la pérdida de calor. Las respuestas al estrés por frío son: vasoconstricción periférica, piloerección y aumento de la producción metabólica de calor mediante termogénesis con o sin tiritera (Klein, 2014). En estas situaciones, los vasos se contraen gracias a las catecolaminas, provocando una menor pérdida de calor (Barret et al, 2013). A medida que disminuye la temperatura ambiente, los homeotermos conservan inicialmente el calor a través de la vasoconstricción periférica. Esto genera un gradiente de temperatura en las extremidades y reduce la temperatura de la piel, de manera que queda solo un pequeño gradiente térmico para perder calor por radiación y convección. La piloerección crea un aislamiento y disminuye la pérdida de calor.

Todos los mamíferos adultos pueden temblar, como también los neonatos nacidos en estados avanzados de desarrollo, como los corderos o los potrillos. Los cachorros y otros recién nacidos menos desarrollados no tiritan: dependen del calor de la madre y el nido para protegerse del enfriamiento. Algunos de estos y otros mamíferos pequeños tienen grasa parda, origen de la termogénesis sin tiritera (Klein, 2014). Esta respuesta es involuntaria del músculo estriado y causa incremento general semiconsciente de la actividad motora (Barret et al., 2013). El aislamiento se define como la resistencia al flujo de calor, y cuanto más gruesa es la capa de grasa debajo de la piel (“grasa subcutánea”), mejor es el aislamiento resultante en el frío. El músculo también puede proporcionar niveles significativos de aislamiento cuando está en reposo (Tipton, n.d). Por otro lado, la exposición crónica de los animales al frío provoca un aumento de la secreción de tiroxina y del metabolismo basal, que incrementa la producción de calor. Cuando los animales se alojan en condiciones tales que reciben luz natural, el grosor de su capa de pelo aumenta durante las épocas frías del año. Este crecimiento se debe a la disminución de la luz natural a medida que se acerca el tiempo frío (Klein, 2014).

Existen diferentes maneras de intercambiar el calor con el ambiente como lo es la radiación desde la superficie corporal hacia un objeto más frío (Figura 2); por convección, que es la transferencia de calor a un gas o líquido en movimiento; por evaporación de las secreciones respiratorias, sudoración o saliva y por conducción hacia superficies más frías con las que el animal se encuentra en contacto (Tansey & Johnson, 2015). La importancia relativa de los diferentes modos de perder calor por evaporación es variable en los mamíferos. En los caballos y

el ganado vacuno la sudoración es la forma más importante. La oveja suda, aunque el jadeo tiene también gran referencia. El perro pierde calor por evaporación casi exclusivamente a través del jadeo. Incluso los roedores pequeños, que ni jadean ni sudan, aumentan la pérdida de calor por evaporación de la saliva o haciéndola más acuosa (Klein, 2014).



Figura 2. Estrategias de regulación de temperatura en los animales.

Para todos los mamíferos y las aves existe una temperatura ambiental a la cual pueden mantener su temperatura corporal dentro de los límites normales, principalmente a través de mecanismos vasomotores (Klein, 2014). Los animales también utilizan métodos de comportamiento para resistir la sobrecarga de calor. Entre ellos se incluyen buscar sombras, meterse en el agua o revolcarse en el fango; sin embargo, no están disponibles en muchas granjas. El productor debe asumir una mayor responsabilidad para la comodidad y supervivencia de los animales (Tansey & Johnson, 2015).

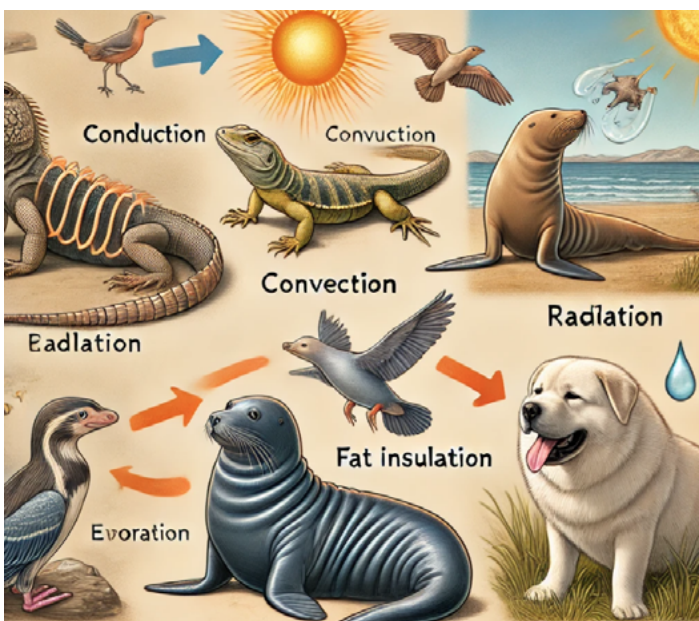
Por otro lado, la fiebre es un signo definitorio más antiguo y universal de la enfermedad y está presente en diferentes especies. Algunos estudios indican que, durante la infección, el aumento de la temperatura corporal refuerza la actividad de los leucocitos, lo que disminuye la morbilidad y mortalidad del animal por infec-

ciones (Barret et al., 2013). La introducción de un pirógeno en la circulación activa el sistema de calentamiento, el mismo exactamente que se activa cuando hace frío. Pirógeno es un término genérico que se aplica precisamente a cualquier sustancia capaz de poner en actividad el calentamiento. Entre algunos ejemplos de pirógenos se encuentran las prostaglandinas, interleucina (IL-1) y factor de necrosis tumoral (TNF) (Lifshitz, 2007). Durante este proceso hay tiritera, vasoconstricción periférica, piloerección y conducta de amontonarse (Klein, 2014). Para su tratamiento se utilizan antiinflamatorios no esteroides (AINE: aspirina, unixina, ibuprofeno), que se encarga de bloquear el ciclo de ácido araquidónico que bloquea la producción de prostaglandinas (Klein, 2014).

Existe otro mecanismo conocido como hipertermia y es la elevación de la temperatura por mecanismos diferentes a la fiebre. Se presenta

cuando se altera o rebasa la termorregulación normal. En esta situación se pierde la capacidad de termorregulación y se utilizan medios físicos y antitérmicos para su tratamiento. Algunos ejemplos son: hipertermia del ejercicio, golpe de calor, deshidratación, entre otras (Haenlein & Anke, 2011).

El golpe de calor se produce cuando la producción o la entrada de calor supera la eliminación, generando un incremento de temperatura corporal a niveles peligrosos. Esto se presenta en climas calurosos y húmedos. Cuando la temperatura supera los 41.5 o 42.5 °C se compromete seriamente la función celular y se pierde la conciencia. Por otro lado, la congelación se produce cuando se forman cristales de hielo en los tejidos de las extremidades, generado por una vasoconstricción para conservar el calor. Estos cristales rompen la integridad de los tejidos y puede aparecer gangrena. Por lo general, la congelación se evita al dilatarse el músculo liso vascular con el frío extremo, lo que provoca la entrada de sangre caliente. Parece ser que este último mecanismo trabaja de forma adecuada en animales que pasan el invierno a la intemperie en climas nórdicos (Klein, 2014).



Referencias

- Barret, K. E., Barman S. M., Boitano, S., Brooks, H. (2013). *Fisiología Médica*. McGraw Hill. México, D.F.
- Haenlein, G. F. W., & Anke, M. (2011). Mineral and trace element research in goats: A review. *Small Ruminant Research*, 95(1), 2–19.
- Klein, B. G. (2014). *Cunningham Fisiología Veterinaria*. Elsevier. Barcelona, España.
- Kurz, A. (2008). *Physiology of Thermoregulation*. *Best Practice and Research: Clinical Anaesthesiology*, 22(4), 627–644.
- Lifshitz, A. (2007). Fiebre y otras formas de elevación térmica. *Revista de Investigación Clínica*, 59(2), 130–138.
- López Dávila, A. J. (2014). Actualidad en Termorregulación. *Revista de Ciencias Del Ejercicio Y La Salud*, 12(2), 1–36.
- Morrison, S. F., & Nakamura, K. (2011). Central neural pathways for thermoregulation. *Frontiers in Bioscience (Landmark Edition)*, 16, 74–104.
- Tansey, E. A., & Johnson, C. D. (2015). Recent advances in thermoregulation. *Advances in Physiology Education*, 39(3), 139–148.
- Tipton, M. J. (n.d.). Chapter 2 – Thermoregulation. *Environment*, 1–6.

Dr. Víctor Manuel Díaz Sánchez. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Pecuarias.
 Email: victordiaz@cuatitlan.unam.mx

MVZ Rosa Helena García Moreno. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Posgrado. Email: helenagar1997@gmail.com