

Interacción térmica: un encuentro entre la Biología y la Física

Thermal Interaction: A Meeting between Biology and Physics

Pedro Alejandro Mora-Gómez

Cómo citar este artículo:

Mora-Gómez, P. A. (2023). Interacción térmica: un encuentro entre la Biología y la Física. *Pre-Impresos Estudiantes*, (23), 11-21.

Resumen

Las reflexiones que se presentan en este documento surgen del análisis de algunos fenómenos térmicos, físicos y biológicos, en el marco del seminario de *Organización de los Fenómenos Físicos*, de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional. El objetivo principal de este artículo es la conceptualización de las interacciones térmicas en sistemas biológicos y físicos. Esto se logra desde la exploración de conceptos relacionados, tales como el equilibrio, desequilibrio, direccionalidad, calor, frío, dilatación, contracción y mundo real e ideal. Para el análisis realizado, se utilizó la noción de sistema planteada por Ludwing Von Bertalanffy (1976), quien desarrolla una mirada interdisciplinaria que posibilita comprender los sistemas en su totalidad; asimismo, se aborda la forma como Josep Black (1803) entiende el calor y su interacción térmica con los objetos y organismos. Finalmente, se presentan las conclusiones, que surgen de las reflexiones hechas a partir de la experiencia vivida en el seminario, así como el diálogo permanente con las ideas de algunos autores en relación con los fenómenos térmicos.

Palabras clave: fenómenos térmicos; sistema; relaciones físicas; relaciones biológicas

Abstract

The reflections presented in this paper arise from the analysis of some thermal, physical, and biological phenomena within the framework of the seminar on *Organization of Physical Phenomena*, of the Master's Degree in Natural Sciences Teaching of the Universidad Pedagógica Nacional. The main objective of this article is the conceptualization of thermal interactions in biological and physical systems. This is achieved through the exploration of related concepts such as balance, imbalance, directionality, heat, cold, expansion, contraction, as well as the real and ideal world. For the analysis carried out, the notion of a system proposed by Ludwig Von Bertalanffy (1976) was applied, who developed an interdisciplinary perspective that makes it possible to understand systems in their totality; likewise, the way in which Josep Black (1803) understands heat and its thermal interaction with objects and organisms is addressed. Finally, the conclusions are presented, which arise from reflections based on the experience lived in the seminar, as well as the dialogue with the ideas of some authors regarding thermal phenomena.

Keywords: thermal phenomenon; system; physical relationships; biological relationships

* Estudiante de Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales. Licenciado en Biología (2020), Universidad Pedagógica Nacional. Docente de básica primaria y secundaria. Apasionado por la fisiología humana y la Biología Molecular. pamorag@upn.edu.co

Introducción

En el presente documento, comparto algunas reflexiones que surgieron en el marco del espacio académico Organización de los Fenómenos Físicos, de la línea de investigación de la Enseñanza de las Ciencias como actividad de construcción de explicaciones, de la Maestría en Docencia de las Ciencias Naturales de la Universidad Pedagógica Nacional (UPN), cuyo objetivo era la recontextualización de saberes, entendiendo esta como una actividad que no privilegia conceptos, leyes, teorías formuladas por científicos, sino que apunta a las elaboraciones de quienes están inmersos en la construcción de un fenómeno. En este marco, tuve la oportunidad de abordar varias discusiones y reflexiones históricas y filosóficas, que me permitieron ampliar la idea de lo *térmico* desde otros puntos de vista, diferentes a lo biológico, debido a que mi formación de pregrado es en este campo del conocimiento.

Por ello, traeré a colación lo *térmico* desde el punto de vista físico y biológico, a partir de la idea de sistema, según la *teoría general de los sistemas* (TGS) propuesta por Ludwing von Bertalanffy (1976). Esta perspectiva sistémica tiene como objetivo desarrollar una mirada interdisciplinar desde un marco conceptual y metodológico que permita comprender los sistemas en su totalidad, considerándolos como un todo. Para ello, no solo se debe analizar una parte del sistema, sino partir de las condiciones del ambiente y su relación con el contexto de desarrollo y así poder dar cuenta de los fenómenos *térmicos* de una manera holística.

La teoría de sistemas, según Von Bertalanffy (1976), se puede abordar desde enfoques biológicos, físicos, sociales o conceptuales; que pueden hacer que la relación de los elementos interconectados presente diferentes niveles de complejidad. Por ejemplo, aplicar la mirada sistémica planteada por Bertalanffy a los fenómenos *térmicos* involucra una entrada, una salida y una retroalimentación de calor entre dos o

más organismos u objetos que interactúan *térmicamente*, ya sea entre ellos (condiciones ideales), o entre ellos y el ambiente (condiciones reales).

Considero importante mencionar que, en el contexto de este documento, cuando se utiliza la palabra *cuerpo* se hace referencia a un organismo, es decir, a un ser vivo. Esto debido a que en física se emplea para describir cualquier objeto, ya sea animado o inanimado. No obstante, desde el punto de vista de la biología, se considera *vivo* aquello que pueda tener procesos metabólicos, homeostáticos, organización celular, entre otros criterios. Para abordar los fenómenos *térmicos* a lo largo del documento, los desarrollaré a partir de ideas como *calor* y *frío*, *mundo real e ideal*, *equilibrio y desequilibrio*, *direccionalidad*, *dilatación* y *contracción*.

Calor y frío

Para el presente documento es esencial esclarecer el concepto de *calor*. Al respecto, se trae a colación las ideas de Josep Black (1803), quien planteó la necesidad de pensar el origen de conceptos relacionados con lo *térmico*, como el calor y el frío. Históricamente han surgido teorías en relación a su origen; por ejemplo, algunos científicos sostenían que el frío se originaba en unas partículas denominadas *escarcha* o *frigoríficas*. Sin embargo, estas hipótesis no prosperaron por falta de respaldo científico. En cuanto al calor, Black (1803) postuló que su origen residía en el sol, es decir, la temperatura de los objetos y cuerpos se veía afectada por la radiación solar.

Siguiendo a Black (1803), surge la posibilidad de cuestionar la existencia del frío y su origen, pues no existen evidencias científicas que respalden la idea de que el frío proviene de alguna partícula, estrella o materia. En cambio, se plantea que el frío es una construcción histórica que hace alusión a la diferencia de temperatura experimentada por dos o más organismos u

objetos que interactúan térmicamente en un sistema. Esta diferencia de temperatura es esencial, ya que nos permite comprender la interacción térmica y las diversas maneras en que los fenómenos térmicos se relacionan entre sí. De esta idea derivan tres conclusiones: primero que el frío no existe y que en cambio existe una diferencia de temperatura, segundo, que existe una interacción térmica cuando dos objetos u organismos entran en contacto o están cerca el uno del otro y se encuentran a diferentes temperaturas, y tercero, que la distribución del calor entre cuerpos presenta una direccionalidad (idea que profundizaré más adelante).

Desde esta perspectiva de calor, es evidente la importancia de la interacción, al referirse a lo térmico. Sin embargo, la interacción térmica se puede abordar de dos maneras diferentes, por un lado, se puede hacer la lectura de la interacción térmica a través de la noción de un mundo real y, por otra parte, se puede estudiar en el marco de un mundo ideal. En el próximo apartado, exploraremos en detalle estas dos formas de comprender la interacción térmica.

Mundo real y mundo ideal

Para comenzar, es importante delimitar las diferencias sistémicas en las interacciones térmicas entre el ambiente con un organismo o un objeto, ya que la transferencia de calor entre dos objetos, un objeto y un organismo o entre dos organismos, implica interacciones térmicas que se establecen de manera directa con el ambiente. Esto hace que los fenómenos térmicos sean más complejos de entender, ya que existen condiciones que influyen en las interacciones térmicas,

que inicialmente se consideraban como directas y “simples”, bajo el imaginario de un mundo ideal, donde, aparte de los dos organismos u objetos involucrados, nada más influye en la interacción térmica. Por tanto, la idea de mundo real, permite observar y comprender de manera detallada y profunda los fenómenos térmicos, al considerar que el ambiente tiene unas condiciones particulares que intervienen en la interacción térmica entre dos objetos, dos organismos o un organismo y un objeto. A continuación, ampliaré la idea de mundo real e ideal y los pondré en discusión a partir de algunos ejemplos de sistemas físicos y biológicos.

Una de las cosas que indagábamos, durante la experiencia en el laboratorio como estudiantes del seminario, era la temperatura a la que una sustancia como el agua podía alcanzar el punto de ebullición, esto con el objetivo de comprender cómo interactuaba térmicamente el agua con una fuente de calor y las condiciones ambientales que rodeaban al sistema. Según la literatura, el agua puede alcanzar su punto de ebullición a una temperatura de 100 °C; sin embargo, la experiencia nos mostró otra realidad (figura 1). De acuerdo con el perfil de temperatura que se le realizó al agua contenida en un *beaker* en la ciudad de Bogotá, esta alcanzó su punto de ebullición a una temperatura de 92 °C y, dependiendo de la profundidad a la que se encontrara el termómetro, esta aumentaba en diferentes grados de temperatura. Al comparar los datos obtenidos en la experiencia de clase con la literatura surge la pregunta “¿Por qué el agua nunca llegó a los 100 °C para cambiar su estado de fase líquida a gaseosa?”.

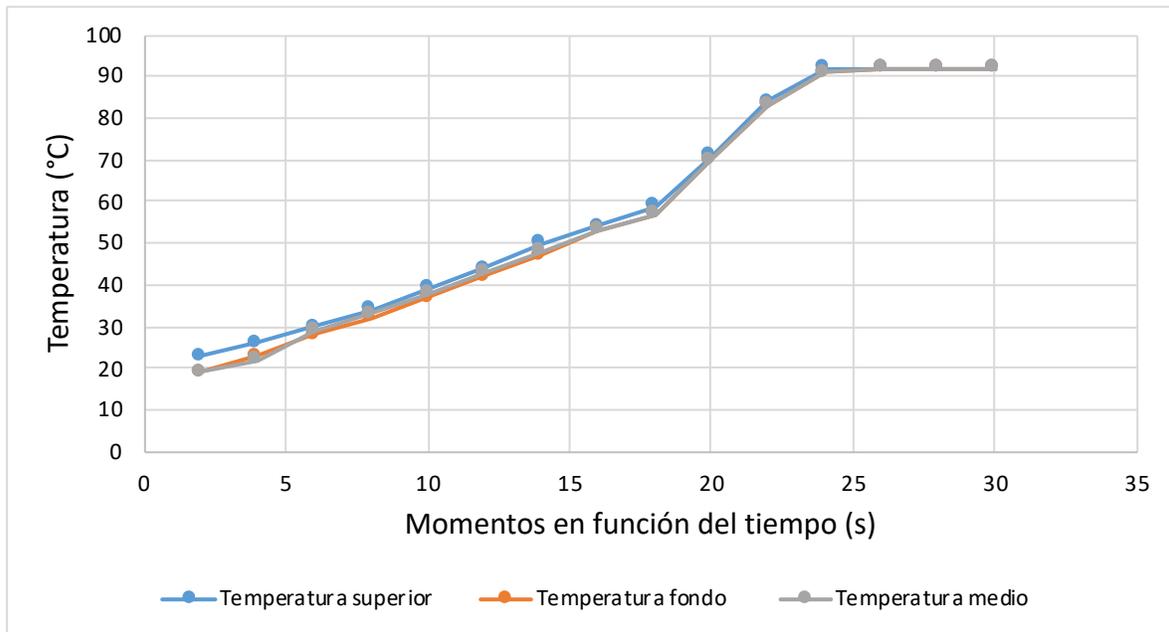


Figura 1. Perfil temperatura del punto de ebullición del agua en diferentes profundidades en el beaker en la ciudad de Bogotá

Fuente: Mora, et al.(2023).

Teniendo en cuenta lo anterior, esto me hizo pensar que existía algo que estaba permeando y alterando la interacción térmica del agua con su punto de ebullición, porque no lograba alcanzar la temperatura que indicaba la literatura. Después de indagar, encontré que la *presión atmosférica* era el factor que interfería en la temperatura de ebullición del agua. Este ejemplo ilustra la necesidad de estudiar el fenómeno térmico de cambio de fase, en el contexto de un mundo real, porque desde la lectura de un mundo ideal es posible pasar por alto las condiciones que están presentes en el ambiente que afectan los fenómenos térmicos. Es importante mencionar que el agua puede alcanzar un punto de ebullición a 100 °C, bajo unas condiciones especiales, por ejemplo cuando está al nivel del mar, y no a la altitud de una ciudad como Bogotá, ubicada aproximadamente a 2600 m s. n. m. Esta idea de mundo real e ideal permite tener presente condiciones ambientales como la presión atmosférica que afecta el punto de ebullición del agua, además de la interacción térmica

entre el agua y la fuente de calor emitida por la estufa, logrando así desarrollar una lectura más amplia de los fenómenos térmicos, en este caso del cambio de fase.

Ahora bien, ¿cómo traer a colación un ejemplo desde la biología? Pensar los ecosistemas y sus dinámicas permite ilustrar cómo se relacionan el mundo real y no ideal al abordar los fenómenos térmicos. Por ejemplo, en un ecosistema de páramo, la vida se adapta a condiciones extremas de bajas temperaturas, por tanto, la regulación térmica en los organismos es esencial para mantener la temperatura corporal, asegurando el funcionamiento adecuado de los procesos metabólicos térmicos con reacciones de tipo exotérmicas y endotérmicas¹ y, por ende, su supervivencia. Una planta que habita en el páramo, como el frailejón, no

¹ *Endotérmica* es una reacción química en la cual se absorbe energía en forma de calor o luz, y *exotérmica* es una reacción química en la cual se desprende energía en forma de calor o luz.

solo interactúa con los rayos de sol que recibe durante el día o con las bajas temperaturas durante la noche, sino también con condiciones como la altitud y la presión atmosférica, el viento, su velocidad e intensidad; la disponibilidad de recursos hídricos que afectan la velocidad de la evaporación y condensación que requieren las plantas para vivir; así como los ciclos ecológicos que se ven afectados por las bajas temperaturas.

Esta dinámica hace que la descomposición de materia orgánica sea lenta, afectando el pH del suelo y la interacción con la planta. Además de las adaptaciones morfológicas que el frailejón ha desarrollado a lo largo del tiempo, como el tamaño y la presencia de estructuras “vellosas”, conocidas como tricomas, que recubren la superficie de la hoja y que le dan una apariencia “acolchada” y “peluda”. Estas estructuras han permitido adaptaciones como el aislamiento térmico, reducción de pérdida de calor de la planta, protección contra la radiación UV y regulación de la humedad del frailejón.

La lectura de los fenómenos térmicos en los sistemas biológicos de una manera compleja y dinámica debe hacerse bajo la lectura de mundo real, ya que esto implica tener en cuenta las condiciones del ambiente que afectan al sistema y sin las cuales no se podría entender de una manera holística. En el ejemplo del frailejón, no podría pensarse en la interacción térmica como una simple relación entre una fuente de calor y la planta, pues el sol como fuente de calor posibilita las condiciones óptimas para el desarrollo de los procesos fotosintéticos del organismo, pero también influyen otras condiciones como el viento, la altitud, la humedad, que afectan la interacción térmica entre la planta como sistema abierto y dinámico con el sol, desde una lectura externa al organismo, sin embargo, los frailejones interactúan con el ecosistema de manera multidireccional, porque en el interior de la planta existen procesos metabólicos que permiten la regulación

interna del organismo respecto a las condiciones ambientales en las que se encuentre (se profundizara esta relación en el apartado “Equilibrio y desequilibrio”).

La mirada sistémica cobra importancia tanto para el ejemplo del sistema físico como el biológico, porque se cuestiona la forma de leer el sistema de la interacción térmica de una manera detallada y cuidadosa en función de la explicación de los fenómenos térmicos.

Equilibrio y desequilibrio

Dentro de la idea de interacción térmica entre dos organismos, un organismo y un objeto o dos objetos, se resalta el concepto de *equilibrio y desequilibrio*, porque cuando un organismo con una temperatura estable se somete a interactuar térmicamente con otro, logra apreciarse una transferencia de calor entre ambos, que puede evidenciarse de diversas maneras. Procuraré explicarlos a partir de ejemplos más adelante, por lo pronto, es importante mencionar que pensar lo térmico, bajo la idea de sistema y la direccionalidad del flujo de calor de un cuerpo hacia el otro, posibilita la existencia de varios momentos mientras ambos organismos establecen un equilibrio térmico que sea constante a través del tiempo hasta que sea desequilibrado nuevamente, cambiando las condiciones iniciales del sistema, pero dando origen a otras nuevas posibilidades térmicas al interactuar térmicamente con otro cuerpo.

Un ejemplo que podría establecer desde la física y haciendo uso de la experiencia vivida en el seminario de la maestría, es el mencionado en la figura 1. En esta situación, el agua alcanzó una temperatura de 92 °C en la ciudad de Bogotá, y esa temperatura se mantuvo constante a lo largo del tiempo. La estabilidad térmica perduró hasta que se alteró alguna condición del sistema, en este caso, se apagó la estufa, lo que disminuyó la temperatura emi-

tida por la fuente de calor. Cuando esto ocurrió, la temperatura del agua en el *beaker* comenzó a disminuir hasta alcanzar un punto de equilibrio con la temperatura ambiente, que era aproximadamente de 19 °C.

Este es un ejemplo de la interacción térmica entre dos objetos (en este caso una sustancia como el agua y una fuente de calor como la estufa). El punto de ebullición del agua se vio afectado por condiciones como temperatura ambiente, presión atmosférica y altitud. Estas no permitieron que el agua alcanzará una temperatura de 100 °C, pero sí le permitió alcanzar un punto de equilibrio con las condiciones del sistema. Sin embargo, cuando se decidió alterar dicho sistema, la sustancia pasó por un estado de desequilibrio que se reflejó en la disminución constante de la temperatura del agua en el interior del *beaker*, a lo largo del tiempo. Sin embargo, teniendo en cuenta el tiempo como un parámetro, el agua pudo alcanzar un nuevo equilibrio térmico, relacionado de manera directa con la temperatura ambiente de ese momento en el salón de clase.

Desde lo biológico, un ejemplo del fenómeno es la interacción entre los frailejones y el páramo, condición que puede ocurrir cuando la planta entra en contacto con la temperatura ambiente, la alteración térmica al interior del cuerpo puede producir pérdida hídrica en el frailejón por estrés de calor, es así como la planta ha desarrollado varias estrategias evolutivas para regular su temperatura, adaptarse y mantener un equilibrio térmico interno respecto a las condiciones del ambiente.

El frailejón para mantener un equilibrio térmico en el interior ha desarrollado varias adaptaciones, porque cuando la planta se expone a altas temperatura durante el día, aumenta la pérdida de agua debido a la evapotranspiración de la planta. Por ello, la planta desarrolló varias estrategias, entre ellas los tricomas, los cuales desempeñan el papel de “pantallas protectoras”, es decir, refleja la luz solar, evitando daños

celulares en las hojas debido a la alta radiación y reduciendo la velocidad de la evapotranspiración. Otra estrategia consiste en cerrar parcialmente las estomas (poros en las hojas que permiten el intercambio gaseoso e hídrico entre la planta y el ambiente), disminuyendo así la pérdida de agua a causa del estrés térmico.

Estas estrategias permiten la regulación térmica al interior del frailejón cuando se exponen a altas temperaturas ambientales durante el día, sin embargo, por las condiciones propias del páramo, el cual se caracteriza por temperaturas agrestes y fluctuantes, los frailejones han desarrollado estrategias para regularse térmicamente durante las bajas temperaturas ambientales nocturnas.

Durante las bajas temperaturas, los tricomas presentes en las hojas cumplen la función de aislantes térmicos, actuando como una “capa” que evita la pérdida de calor del frailejón cuando interactúa térmicamente con el ambiente y este tiene una temperatura inferior al de la planta.

La lectura de equilibrio y desequilibrio térmico en los organismos debe observarse bajo una mirada sistémica, dinámica, compleja y de mundo real. Porque, si bien existe una interacción térmica con el ambiente, también hay condiciones metabólicas propias en el interior de los organismos que no posibilitan un equilibrio térmico con el ambiente, porque de ser así, llevaría a su muerte. Como se ilustra en el ejemplo del párrafo anterior, el frailejón ha desarrollado diversas adaptaciones para mantener una regulación térmica en su interior, para hacer frente a la variación de la temperatura ambiente del páramo.

Vale la pena resaltar cómo la idea de equilibrio y desequilibrio se puede entender a través de situaciones cotidianas. Ambos ejemplos evidencian la idea de cambio y permanencia, al igual que la capacidad que tienen los mismos para equilibrarse. Sin embargo, dentro de estos procesos de equilibrio-desequilibrio ocurren pequeñas situaciones que autores como Ayala

et al. (1998) denominaron *cuasiestáticos*. Se hace énfasis en los pequeños desequilibrios en el interior que dan cuenta del cambio de estado infinitamente cercano, es decir, que los cambios percibidos han transcurrido por pequeños estados de desequilibrio en el sistema inicialmente.

La idea de equilibrio y desequilibrio cuasiestáticos me evoca un concepto que planteó Joseph Black (1803), que denominó *calor latente*, y que hace mención a la cantidad de calor que una sustancia u objeto puede absorber o liberar para cambiar su estado de fase a la misma temperatura, es decir, durante el proceso de cambio de fase, la temperatura del material permanece constante, aunque se le agregue o libere calor durante el proceso de cambio. Sin embargo, una vez el material alcanza un nuevo estado de agregación, la temperatura puede variar según las condiciones ambientales.

El concepto de *calor latente* es esencial para comprender el fenómeno térmico de cambio de fase. Además, es pertinente mencionar que los valores de calor latente son específicos para cada sustancia y que pueden utilizarse en diversas aplicaciones o explicaciones, de hecho la idea de calor latente permite comprender fenómenos naturales como la formación de nubes, la precipitación en la atmósfera o el derretimiento de los polos y nevados.

El ejemplo que se trae a colación para explicar el concepto de *calor latente* es el proceso de fusión del hielo. Desde la experiencia durante el seminario de Física, cuando se sometía un cubo de hielo al derretimiento provocado por la temperatura ambiente. Durante un periodo de tiempo determinado, se evidenció un cambio en la superficie del cubo, comenzó a pasar de estado sólido a estado líquido, absorbiendo una cantidad de calor específica para convertirse en agua. Lo curioso es que, a pesar del cambio de fase, el instrumento de medición de temperatura, denominado *termocupla*, indicaba que no habían cambios significativos, es decir, la temperatura del agua alrededor del hielo mantenía

igual que la del cubo, a pesar de que se estaba utilizando solamente la cantidad de calor necesaria para cambiar de estado de fase, pero no de temperatura. Podría pensarse que el agua alrededor del cubo de hielo presentaría una temperatura superior a la del cubo de hielo, pero la experiencia demostraba que era la misma.

Dilatación y contracción

Uno de mis primeros acercamientos a los fenómenos térmicos involucró la dilatación o contracción de objetos, estructuras y tejidos en organismos, cuando experimentaban un cambio de temperatura, que se manifestaban a través de cambios físicos o morfológicos. A continuación, proporcionaré algunos ejemplos para ilustrar este concepto.

El ser humano como sistema termodinámico requiere mantener unos procesos homeostáticos, como la regulación de la temperatura en un rango óptimo de aproximadamente 36 °C y 37 °C, sin importar las condiciones ambientales en las que se encuentre, porque es un organismo endotermo.² Sin embargo, cuando se expone a un ecosistema con temperaturas diferentes en función de la temperatura corporal, se logra apreciar un cambio en la superficie de la piel. En otras palabras, si se somete a un ecosistema con temperaturas altas, como la playa, lo más probable es que experimente una vasodilatación que se puede apreciar por el engrosamiento o dilatación de las venas superficiales, más próximas a la piel. En el caso contrario, la exposición a ecosistemas con temperaturas bajas, como el páramo, se experimenta una vasoconstricción y, por ende, la piel mostrará una uniformidad en la superficie y mostrará un tenue color entre morado y azul.

² Los endotermos, o también conocidos como “sangre caliente”, son organismos que tienen la capacidad de generar y mantener internamente su propia temperatura corporal, independientemente de la temperatura del entorno, ejemplo de ellos son los mamíferos (entre ellos el ser humano) y las aves.

Significa que el cuerpo humano como sistema termodinámico, responde a unas condiciones externas para regular y mantener su temperatura adecuada. No obstante, que sea un organismo endotérmico no quiere decir que no se relacione o interactúe térmicamente con el ambiente; de hecho, esta interacción térmica con el ambiente favorece una serie de respuestas homeostáticas en la regulación, a través de procesos como la sudoración, la circulación sanguínea y la termogénesis,³ las cuales son reguladas por los diversos sistemas en el interior del cuerpo humano, como el sistema nervioso, muscular, sanguíneo y endocrino. Es decir, la regulación de la temperatura corporal garantiza que los procesos metabólicos en el interior del organismo sean adecuados para la supervivencia de cuerpo humano.

La vasodilatación y vasoconstricción de las venas en el cuerpo humano en diversos entornos es un claro ejemplo de la interacción térmica entre un organismo y su ambiente. Esta respuesta demuestra la influencia de la temperatura ambiente en el sistema vascular del cuerpo. Esto quiere decir que la dilatación y constricción de los vasos sanguíneos regulan el flujo de calor entre el organismo y el ambiente de manera multidireccional. Si esta regulación térmica no se realiza adecuadamente, podría traer consecuencias graves para la supervivencia del cuerpo humano, durante las situaciones de desequilibrio térmico, como el estrés térmico, golpes de calor, deshidratación, congelamiento, entre otras. Estas situaciones podrían conducir a la muerte del organismo, en términos biológicos, a una retroalimentación positiva.

³ La termogénesis es un proceso fisiológico del cuerpo, especialmente de mamíferos y aves, es decir, organismos endotérmicos, el cual tiene por objetivo generar un aumento de calor por medio de la alimentación, el temblor o el tejido adiposo, y así poder adaptarse a las condiciones ambientales cuando estas presentan una temperatura muy baja.

Ahora bien, el ejemplo con el que cuestiono la idea de dilatación y contracción desde lo físico se puede dividir en dos momentos. En primer lugar, pienso en el sonido que hacen las tejas cuando después de un día caluroso luego llueve, las tejas emiten un ligero crujido, esto sugiere una interacción térmica entre las tejas y la temperatura ambiente, provocando una ligera modificación en su estructura, que involucra procesos de dilatación y contracción. En segundo término, consideremos una puerta, sin importar el material del que esta hecha, esta experimenta cambios dependiendo de la temperatura ambiente. En días soleados, parece expandirse, lo que demanda más fuerza para abrirla; por el contrario, en días lluviosos o de bajas temperaturas, se abre fácilmente. Estos ejemplos podrían demostrar la interacción térmica entre un objeto con el entorno, expresado en la dilatación y contracción.

Con estos ejemplos, mi objetivo es ilustrar cómo se puede evidenciar, desde una mirada sistémica, la interacción térmica existente que provoca cambios leves en las estructuras físicas y morfológicas de la materia, que conocemos como *fenómeno de la dilatación y contracción*.

Direccionalidad

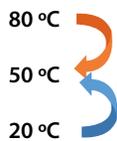
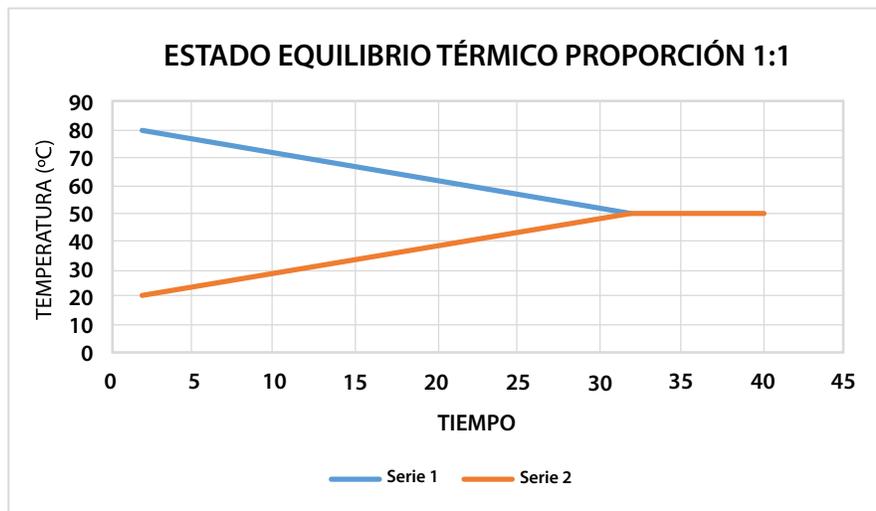
A lo largo de este documento, he explorado varias formas de comprender la interacción térmica y algunos fenómenos térmicos como la dilatación o cambio de fase, desde un enfoque sistémico a partir de ejemplos tanto biológicos como físicos. En este contexto, es necesario cuestionar la noción de *direccionalidad* que se evidencia durante la interacción térmica entre dos objetos, dos organismos o un objeto y un organismo. Además de ello, siguiendo a Black (1803), quien hacía énfasis en el origen del calor y el frío, sigo asumiendo al frío como una construcción histórica que no tiene un origen claro, puedo plantearme la pregunta de si existe una direccionalidad cuando dos cuerpos u organismos interactúan térmicamente.

Partiendo de los planteamientos de Black (1803), de que el frío no tiene un origen, podría argüir que la construcción de este concepto se asume más desde la diferencia de temperaturas entre dos objetos u organismos en contacto o en proximidad. Por ejemplo, si pongo un cubo de hielo de 0 °C en interacción con una de mis manos después de haberla sumergido en agua con hielo, seguramente no percibiré el cubo de hielo como frío; pero si el mismo cubo de hielo entra en contacto con la temperatura de mi otra mano, que es de aproximadamente 37 °C, lo experimentaré como frío. Esto sugiere que el frío no es una entidad en sí misma, sino la consecuencia de la diferencia de temperaturas entre objetos u organismos. Ahora bien, esta pequeña introducción me permite comprender que en la interacción térmica entre objetos con diferentes temperaturas existe una direccionalidad. Al cabo del tiempo, dada esta interacción

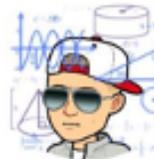
térmica, los objetos llegarán a un punto de equilibrio térmico, es decir, la temperatura de ambos objetos será la misma, esto se ilustrará a continuación por medio de ejemplos.

Si examinamos este escenario desde una mirada física, se puede ilustrar la dirección del calor con el siguiente ejemplo: imagine-mos una nevera de icopor (poliestireno expandido) dividida en dos partes iguales por una lámina metálica, en ambos lados con la misma cantidad de sustancia, pero con diferentes temperaturas: ¿cómo podría evidenciar la direccionalidad del calor?; supongamos que una de las dos sustancia está a 80 °C y la otra está a 20 °C: ¿cuál será la temperatura final, es decir, la temperatura de equilibrio térmico en una proporción 1:1? (figura 2).

Figura 2. Punto de equilibrio en proporciones iguales



80 °C - 20 °C = 60 °C
 60 / 2 = 30
 T° caliente pierde 1 vez
 T° caliente gana 1 vez



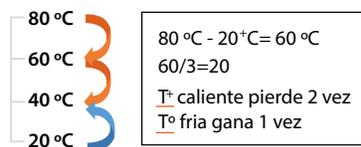
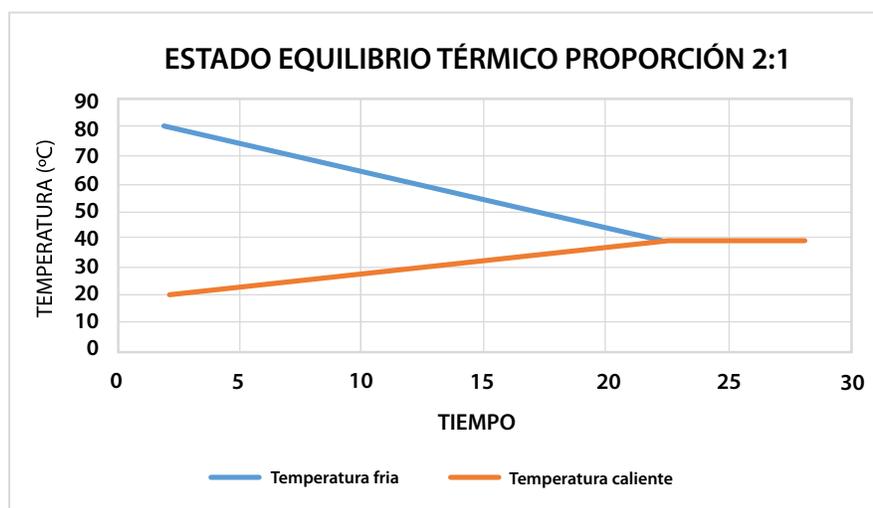
La temperatura final, es decir, el punto de equilibrio térmico entre ambas sustancias será de 50 °C. Esto demuestra que hubo una

transferencia de calor en ambas sustancias, porque la que se encontraba a 20 °C inicialmente terminó con una temperatura de 50 °C, es decir,

aumentó 30 °C; caso contrario en la temperatura de la sustancia que tenía 80 °C al inicio de la interacción térmica, que terminó con una temperatura de 50 °C, perdiendo 30 °C. Esto demuestra que existe una direccionalidad en la interacción térmica; sin embargo, esta puede estar afectada por la cantidad de sustancia presente en la interacción térmica o por la diferencia de temperaturas, veamos otro ejemplo.

Tengo la misma nevera de icopor, dividida a la mitad por una lámina metálica, pero a un lado de la división de la nevera hay una cantidad de agua con una temperatura de 80 °C y al otro lado, hay el doble de agua, pero a una temperatura de 20 °C: ¿cuál será el flujo de calor?; ¿qué temperatura obtendría al final en una proporción 2:1? (figura 3).

Figura 3. Punto de equilibrio en proporciones diferentes



¿POR QUÉ?



Podemos observar que en esta interacción de proporción 2:1 el punto de equilibrio térmico es diferente en comparación con el punto de equilibrio térmico de la proporción 1:1. En la interacción térmica de la proporción 2:1, se vio afectada la distribución de calor por la cantidad de sustancia disponible en las neveras, recordemos que la sustancia con la temperatura de 20 °C era el doble de la sustancia con temperatura de 80 °C, quiere decir que hubo el doble de transferencia de calor de la sustancia con mayor temperatura a la sustancia con menor temperatura. Estos ejemplos demuestran que en la interacción

térmica existe una direccionalidad del calor que parece ser de la sustancia con mayor calor a la sustancia de menor calor.

En cuanto al ejemplo biológico, podría explicar la direccionalidad del calor trayendo a colación los organismos ectotermos⁴ o de “sangre

4 Los organismos conocidos como ectotermos, o de “sangre fría”, son aquellos que dependen en gran medida de las condiciones ambientales para poder regular y mantener una temperatura interna óptima para el desarrollo de sus procesos metabólicos para la supervivencia; por ejemplo: reptiles, anfibios, insectos, peces, arañas, entre otros.

fría"; este ejemplo permite apreciar el comportamiento de reptiles como los lagartos y los cocodrilos que se exponen al sol apoyados en pequeñas superficies como el suelo, troncos de madera o rocas; allí regulan su temperatura interna, a partir de una fuente externa de calor como lo es el sol, lo que evidencia una direccionalidad. Sin embargo, la direccionalidad en los organismos se manifiesta en múltiples direcciones, es decir, existe una dirección del organismo hacia el ambiente, del ambiente hacia el organismo, pero también, de calor al interior del organismo. Asimismo, cuando el organismo alcanza el nivel necesario de calor y para regularse térmicamente busca una diferencia de temperaturas en el agua.

En la perspectiva de sistema dinámico y complejo, la transferencia de calor también se ve influenciada por el tamaño del organismo, un cocodrilo adulto requerirá de mayor tiempo expuesto al sol para regular su temperatura interna, a diferencia de un lagarto, pues si este último se expusiera al sol el mismo tiempo que el cocodrilo adulto, seguramente se enfrentaría a serios problemas de regulación homeostática en el interior de su cuerpo.

Esto significa que, al hablar de los fenómenos térmicos, independiente del campo de conocimiento, se debe tener presente la idea de direccionalidad del calor, el cual puede ser transmitido de diversas maneras, ya sea por conducción, convección o radiación.

Conclusión

Hablar de los fenómenos térmicos desde una mirada sistémica me permite comprender de manera holística y dinámica la noción de *calor* que se ha construido a lo largo de la historia. Por ejemplo: abordar los fenómenos térmicos de manera sistemática e histórica nos lleva a una apreciación más rica y completa de lo que implica el calor en el mundo natural. A través de esta perspectiva, podemos profundizar en cómo

interactúa con otros aspectos de la física y la biología, y cómo ha evolucionado nuestra comprensión a lo largo del tiempo. Esta comprensión más profunda puede influir en la forma en que enseñamos y aplicamos el conocimiento sobre el calor en la educación y la vida cotidiana.

Además, es pertinente hacer la lectura del sistema desde la mirada de mundo real y no ideal, porque las condiciones del ambiente afectan las interacciones térmicas entre dos organismos, dos objetos o un organismo y un objeto. Analizar las interacciones térmicas desde una perspectiva del mundo real es fundamental debido a la naturaleza variable y dinámica del ambiente en el que vivimos. Esto asegura la aplicabilidad del conocimiento térmico en situaciones cotidianas, la toma de decisiones informadas y el avance científico y tecnológico, porque hace posible un análisis holístico de los fenómenos térmicos y las diversas formas como interactuamos con ellos.

Finalmente, es pertinente promover un diálogo interdisciplinario sobre la interacción térmica desde sistemas físicos y biológicos, debido a que, así, se enriquece la comprensión de los fenómenos naturales de los estudiantes y los profesores, y fomenta la curiosidad y el desarrollo de habilidades para la resolución de problemas científicos y sociales, su uso e interacción tanto en la escuela como fuera de ella.

Referencias

- Ayala, M., Romero, A. y Malagón, F. (1998). El esquema equilibración-desequilibración y los procesos termodinámicos. *Física y Cultura: Cuadernos sobre Historia y Enseñanza de las Ciencias*, (4), 9-14.
- Black, J. (1803 [1975]) Del calor en general. En B. Lindsay (ed.), *Energy: Historical development of the concept*. (Trad. por A. Romero y M. M. Ayala). Dowden, Hutchinson & Ross.
- Von Bertalanffy, L. (1976). *Teoría general de los sistemas: fundamentos, desarrollo, aplicaciones*. Fondo de Cultura Económica.