

Introducción.

El envejecimiento ha sido materia de estudio a lo largo de la historia. Actualmente, el aumento en la esperanza de vida de la población ha cobrado gran importancia, pues mientras en unos países los ancianos son apreciados por su estatus, en otros como Estados Unidos e Inglaterra ocurre un maltrato frecuente hacia ellos a través de prácticas y actitudes discriminatorias (Wolpert, 2013).

Sabemos que si las personas envejecen de manera saludable, podrán aportar sabiduría y vivir mejor por más tiempo. El estudio científico del envejecimiento contribuye a mejorar la salud de las personas mediante el desarrollo de herramientas conceptuales y prácticas utilizables por el personal del sector salud. Aquí presentamos algunos aspectos básicos de una teoría termodinámica que permite aplicaciones sencillas y prácticas (Montemayor-Aldrete et al., 2014).

Principios termodinámicos para el estudio de la vida.

Para entrar en materia, primero describiremos algunos conceptos esenciales. La termodinámica estudia las modificaciones ocurridas en un sistema (que puede ser cualquier elemento del universo, como una persona) al intercambiar materia y energía con sus alrededores. Los principios de esta ciencia, en que se basa la teoría del envejecimiento que vamos a presentar, son los siguientes:

La **ley cero de la termodinámica** establece las condiciones en las cuales no existe flujo de calor entre dos sistemas (situación de equilibrio térmico). Esta ley nos permite medir la temperatura, que es una variable muy importante, útil para construir y calibrar termómetros.

La **primera ley de la termodinámica** establece que: "La energía total de un sistema y sus alrededores se mantiene constante durante sus interacciones, no se crea ni se destruye, sólo se transforma." La energía se puede transferir a través de diferencias de temperaturas entre la fuente energética y el receptor (flujo de calor), por la realización de un trabajo y mediante reacciones químicas.

12 Milenaria, Ciencia y Arte

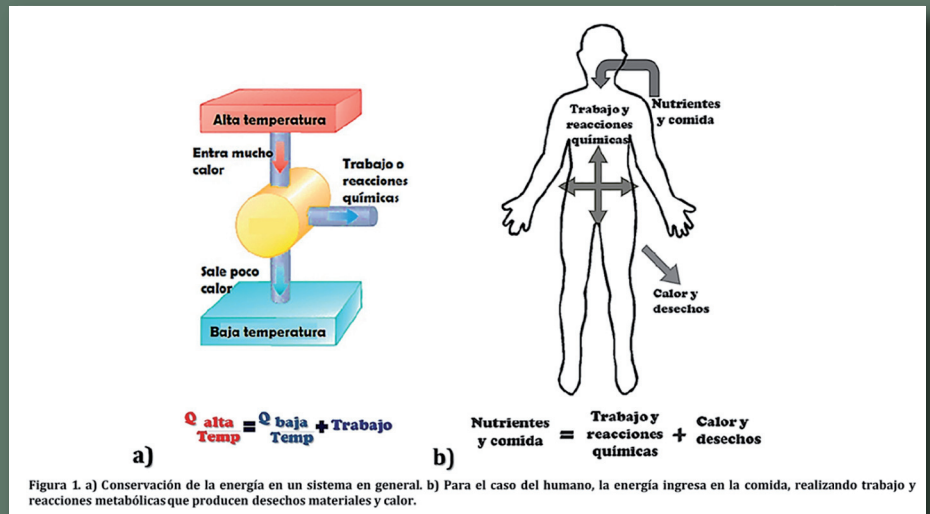


Figura 1. a) Conservación de la energía en un sistema en general. b) Para el caso del humano, la energía ingresa en la comida, realizando trabajo y reacciones metabólicas que producen desechos materiales y calor.

Una mirada al envejecimiento de los seres humanos a través de la termodinámica.

Rafael Francisco Márquez Caballé y Jorge Antonio Montemayor Aldrete

Departamento de Estado Sólido, Instituto de Física, UNAM. Ciudad de México, México.

Contacto: yaaxbalam@ciencias.unam.mx

Resumen: Se describen los fundamentos básicos de una reciente teoría del envejecimiento de los humanos basada en la termodinámica, cuyas tres primeras leyes en las cuales se basa son explicadas de manera simple. La teoría establece que la duración de la vida es inversamente proporcional al ritmo metabólico promedio del humano, de forma que todo estilo de vida que aumente este ritmo (alcoholismo, tabaquismo, sobrepeso, etc.), conduce a una disminución en la duración de la vida. Las aplicaciones de esta teoría pueden ser un coadyuvante de medidas institucionales en medicina preventiva.

Palabras clave: Envejecimiento, termodinámica, salud pública, medicina preventiva.

Toda reacción química reorganiza la estructura molecular de la materia, cuya cantidad se mantiene constante. Los alimentos contienen energía química capaz de realizar distintos tipos de trabajo en el cuerpo humano, como ocurre con las reacciones bioquímicas metabólicas; al final de todos los procesos corporales, materia y energía ingeridas se transforman en calor y desechos (figura 1).

Por su parte, la **segunda ley de la termodinámica** establece que la energía se degrada mediante su uso, es decir, que una cantidad fija de energía utilizada para realizar trabajo una vez, no puede realizar el mismo trabajo nuevamente. Así, la energía liberada en forma de calor y desechos a los alrededores por un sistema ya no puede ser utilizada por él (figura 2). Un ejemplo de esto es la combustión de una vela. Lo anterior se describe mediante un concepto llamado

entropía, el cual nos informa qué fracción de la energía disponible sigue siendo útil para realizar trabajo. A un cuerpo o sistema que ha gastado toda su energía libre o que no tiene forma de acceder a ella, le corresponde un estado de máxima entropía; se dice que este sistema ha llegado al equilibrio térmico. Para un humano, a este estado se llega con la muerte (pues el ser no puede comer ni respirar para obtener energía); para la vela cuando ha terminado la combustión.

Envejecimiento en seres humanos.

Desde 1944 quedó establecido que los seres vivos obedecen la primera y segunda leyes de la termodinámica al requerir energía externa para vivir, que es proporcionada por los nutrientes que obtienen del medio donde habitan (Schrödinger, 1992). Retomando estas ideas, Montemayor et al., desarrollaron una teoría general para describir el envejecimiento de los seres vivos, la cual

considera que el aprovechamiento de la energía libre por ellos a través de su tasa de producción de entropía por unidad de volumen (que resulta proporcional al ritmo metabólico por unidad de volumen, que es la tasa a la que ocurren las reacciones metabólicas corporales) varía con la edad, produciéndose cuatro etapas cronológicas (figura 3): Un máximo del ritmo metabólico durante la niñez (1), que posteriormente baja a un estado estacionario en la etapa adulta (2) para decaer de manera aproximadamente lineal conforme envejece el sistema (3), hasta un punto crítico en que falla y el ser muere.

De este esquema teórico, en la etapa (3) del envejecimiento, se manifiesta una pérdida paulatina de la capacidad del organismo para aprovechar la energía libre suministrada por los nutrientes. Ello ocurre debido a que con cada latido del corazón, que distribuye la energía hacia todas las células del cuerpo, el sistema biológico se desordena un cierto porcentaje; a esa cantidad le llamamos coeficiente de envejecimiento o desgaste por ciclo, denotado por θ . Así, con cada ciclo, el sistema es un poco menos eficiente para realizar sus funciones fisiológicas, por tanto el ritmo metabólico por unidad de volumen disminuye con el transcurso del tiempo, hasta que se llega a una edad en la que el organismo es incapaz de aportar la energía mínima necesaria para que todo el sistema siga funcionando adecuadamente y cualquier eventualidad repentina produce la falla mortal.

El análisis de las curvas metabólicas de la figura 3 nos permite encontrar la

siguiente expresión para los humanos, que mantienen una temperatura aproximadamente constante a lo largo de su vida:

$$t_T = \frac{K_S}{\theta} \quad (1),$$

donde θ es el ritmo metabólico promedio por unidad de volumen a lo largo de toda la vida, t_T es el tiempo total de vida y K_S es una constante que indica la energía total disipada por unidad de volumen durante la vida, válida para todo individuo. Se observa que la duración de vida es inversamente proporcional al ritmo metabólico promedio (por unidad de volumen) del ser vivo, y se deduce que todo estilo de vida que aumente el ritmo metabólico conduce a una disminución en la duración de la vida, pues esto genera más desorden interno durante la vejez que se ve reflejado en una mayor. Esto ocurre en general, o para cada órgano vital en específico, como los pulmones en el caso del fumador crónico, el hígado en el alcohólico o, en el caso de la obesidad, para los diversos órganos que son esforzados más de lo normal por largos periodos de tiempo. De esta forma, comparar los datos para órganos de personas con estilos de vida sano y no sano da información cuantitativa del daño que se puede evitar.

Resultados y conclusiones.

Apoyándose en los análisis previos, los programas de control y baja de peso en adultos, así como los de prevención de alcoholismo y tabaquismo podrán producir mejoras en la calidad de vida y

disminuir la incidencia de enfermedades crónico-degenerativas de la población. Otro resultado importante de esta teoría fue explicar físicamente por qué en promedio las mujeres viven más que los hombres; la diferencia entre los datos para europeos y los correspondientes a la teoría es de 2.5%.

Con estos resultados y otros obtenidos en el trabajo de (Márquez Caballé, 2017), se pueden desarrollar herramientas que permitirán realizar estudios físico-estadísticos de diversos órganos y sistemas vitales de la población mexicana adulta, en colaboración con sectores de medicina social. En ese supuesto será posible realizar análisis económicos y de medicina preventiva que podrán permitir la elaboración de mejores políticas de salud pública para nuestro país.

Referencias

Márquez Caballé, R. F., (2017). *Estudio de la disipación de energía por medio de ciclos en sistemas vivos a través de una teoría de termodinámica irreversible*. (Tesis de Licenciatura). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, México.

Montemayor-Aldrete, J. A., Ugalde-Vélez, P., Del Castillo-Mussot, M., Vázquez, G. J., & Montemayor-Varela, E. F. (2014). *Second Law of Thermodynamics Formalism Applied to Finite Duration through Cycles of Living Dissipative Systems*. *Advances in Aging Research*, 3(05), 368.

Schrödinger, E. (1992). *What is life? With mind and matter and autobiographical sketches*. Cambridge University Press.

Wolpert, L. (2013). *Por tí no pasan los años. La sorprendente naturaleza del envejecimiento*. México D.F. Méx. Tusquets.

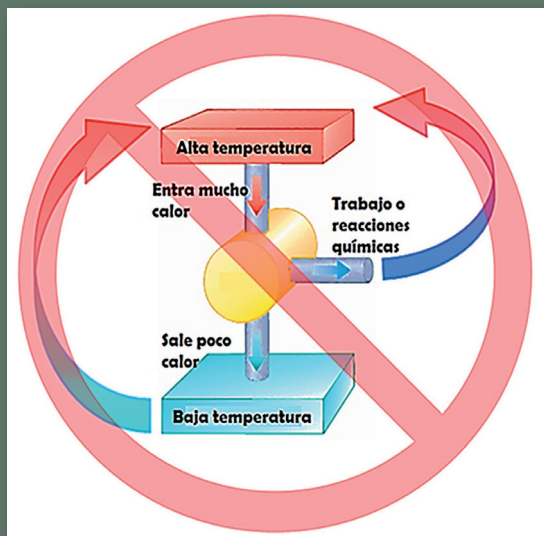


Figura 2. La segunda ley de la termodinámica indica que la energía se degrada, impidiendo que realice el mismo trabajo más de una vez.

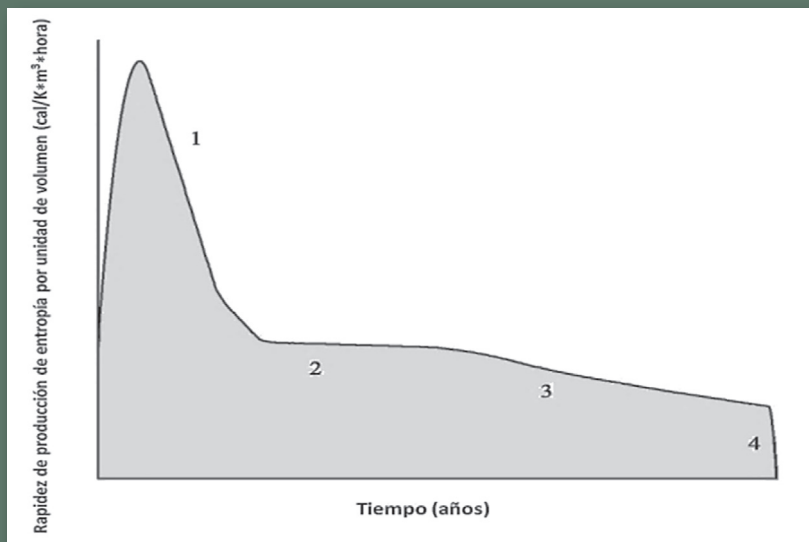


Figura 3. Diagrama esquemático de la rapidez de producción de entropía por unidad de volumen vs. tiempo, se muestran cuatro etapas cronológicas de la vida. El área bajo la curva representa la energía total disipada a lo largo la vida. (Montemayor-Aldrete et al., 2014).