

LA ENTROPÍA

“El motor para que exista la vida”



Alejandro Riveros

Doctor en Ciencias con Mención en Física

[Todos los procesos en el Universo, incluyendo la vida en la Tierra están determinados por el aumento de la entropía, solo que para que la vida sea posible debemos racionalizar este aumento de entropía.]

Es probable que alguna vez nos hayamos preguntado acerca del origen de la vida o cómo es posible su existencia, por ejemplo, planteando preguntas tales como ¿De dónde proviene la vida? O bien ¿Cómo es posible la vida en la Tierra? En este artículo buscaremos responder estas preguntas con explicaciones científicas, explicaciones que van más allá de las creencias religiosas.

La primera explicación al respecto, sería probablemente afirmar que la vida en la Tierra es posible debido a que su atmósfera permite que nuestro planeta tenga una estructura no solo gaseosa, sino también líquida, donde una gran parte de su superficie se encuentra cubierta por agua, en particular en forma de océanos. En efecto, esta respuesta es coherente con el hecho de que hace varios millones de años atrás los primeros organismos unicelulares hayan existido y proliferado en este medio. Además, la existencia de carbono en la Tierra es fundamental para el proceso de la vida y la existencia de organismos vivos como los animales, esto debido a que el carbono puede formar moléculas complejas. Los átomos de carbono forman la base de las moléculas más importantes de los organismos vivos, incluyendo las proteínas, el ADN, el ARN, los azúcares y las grasas, permitiendo a los seres vivos convertir azúcares en caloría, y procesar nutrientes. Sin embargo, para tratar de explicar este mecanismo de la vida, debemos entender además algunos procesos y conceptos claves en la naturaleza y en los seres vivos.

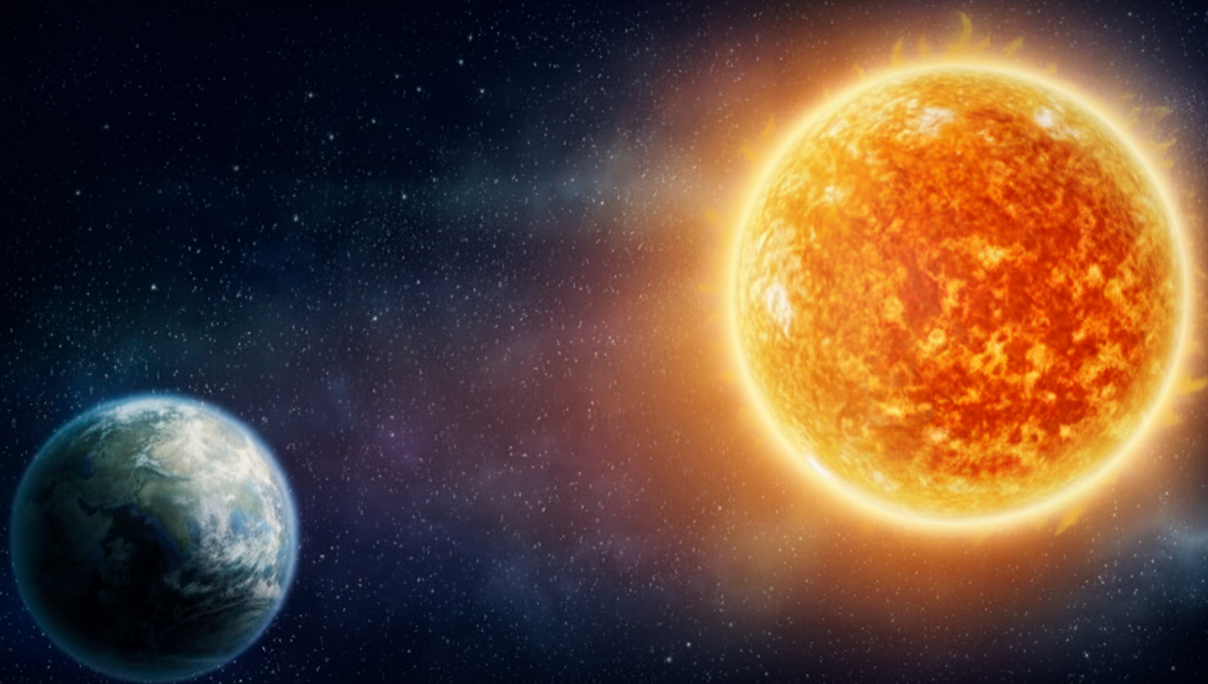
Pues bien, vamos a ello y para esto, empecemos analizando el funcionamiento de los motores. Recordemos que los motores

son utilizados para generar algún movimiento que permita el funcionamiento de una determinada máquina o sistema, por ejemplo, el funcionamiento de un vehículo, de una turbina, de plantas eléctricas o eólicas, entre otros. Físicamente hablando, para lograr este objetivo, los motores transforman fuentes de energía, por ejemplo, de combustión permitiendo así el funcionamiento de las maquinarias. En efecto un automóvil convencional transforma principalmente la combustión de la bencina generando el funcionamiento del vehículo, mientras que un auto eléctrico utiliza la energía almacenada en su batería, producto de reacciones químicas, para su funcionamiento. Sin embargo, las leyes de la física, y en particular la segunda ley de la termodinámica [1], indica que no toda esa fuente de energía puede ser usada para el funcionamiento de la maquinaria ya que parte de la energía es irremediamente dispersada en forma de calor, el cual se transfiere al entorno o medio ambiente sin contribuir al trabajo para el funcionamiento de la máquina. De no ser así, continuamente se podría transferir energía a la máquina, sin que haya dispersión de energía al medio ambiente teniendo una máquina perpetua. Sin embargo, sabemos que esto no es posible y parte de la fuente de energía no puede ser usada para el funcionamiento de la máquina y es irremediamente dispersada y transferida al medio ambiente en forma de calor. Así nos damos cuenta de que el calor es "energía en movimiento" que se transfiere por ejemplo al medio ambiente. Por lo tanto, debido al calor transferido, la segunda ley de la termodinámica descarta la posibilidad de existencia de supuestos móviles perpetuos. Es en este punto, gracias a estudios pioneros de los físicos

Sadi Carnot y Rudolf Clausius sobre procesos termodinámicos en el funcionamiento de motores térmicos, que se hace patente el concepto de entropía, concepto que es fundamental para poder responder a nuestras preguntas. Pero ... ¿Qué es la entropía? La entropía es una propiedad de los cuerpos incluyendo los seres vivos, que relaciona cuán dispersa está la energía transitando en forma de calor. Por lo tanto, un cuerpo con baja entropía tendrá baja dispersión de energía en forma de calor, mientras que un cuerpo con alta entropía genera una mayor dispersión de energía en forma de calor. Debido a esto, a la entropía se le relaciona también con un nivel de orden o desorden.

Interesantemente, la segunda ley de la termodinámica indica, además, que la entropía tiende a aumentar en vez de disminuir. En otras palabras, con el transcurso del tiempo naturalmente la energía se dispersa aumentando así la entropía de las sustancias o de seres vivos; y si lo pensamos cuidadosamente esto es coherente con nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, no es natural que nuestra pieza, cocina, u oficina esté ordenada, al contrario, es más fácil el estado de desorden de mayor entropía, que el estado ordenado de baja entropía, de hecho para mantener el orden debemos estar organizando frecuentemente los utensilios, la vestimenta, documentos, entre otros.

Debido al aumento natural de la entropía de los cuerpos, el calor naturalmente fluye desde los cuerpos más calientes hacia los cuerpos de menor temperatura, por ello los cuerpos calientes tienden a enfriarse y al mismo modo, los cuerpos fríos tienden a calentarse. Por ejemplo, no es fácil





mantener refrigerada nuestra comida, para ello debemos extraer energía, de un refrigerador por ejemplo, para mantenerla refrigerada, y por otro lado un almuerzo caliente recién servido naturalmente se enfriará con el paso del tiempo ya que dispersa calor al medio ambiente.

Pero si la entropía siempre aumenta... ¿Cómo es posible que no se caliente todo el planeta Tierra, desapareciendo los océanos?...y en tal caso como la vida inició en el agua, ¿No sería posible la vida en la Tierra? Aunque dichos cuestionamientos son coherentes con un aumento continuo de la entropía de la Tierra hasta alcanzar su equilibrio, tal como se estipula en la segunda ley de la termodinámica; no obstante, esto sería cierto siempre y cuando el planeta Tierra fuera un sistema aislado, vale decir que no existiese nada más aparte de la Tierra. Pues bien, afortunadamente no es el caso, sabemos que la Tierra no es un sistema aislado ya que continuamente existe transferencia de calor proveniente del Sol. Por lo tanto, nuestro planeta no se "calienta" hasta un punto de colapso porque no es un sistema aislado. Al recibir energía solar y emitir radiación térmica, evita un aumento descontrolado de entropía de la Tierra a costa de un aumento de entropía del Sol. En efecto, la vida es posible en la Tierra gracias a la energía proveniente del Sol. En otras palabras, los seres vivos evitamos llegar a la entropía máxima a costa del Sol, y el sistema conjunto Tierra-Sol aumenta su entropía.

Así, nos damos cuenta de que la vida es posible gracias a fuentes de entropía, como la que nos proporciona el Sol, por eso podríamos decir que la entropía es "el motor para que pueda existir la vida". Si la entropía de nuestros cuerpos fuese nula no podríamos vivir, ya que no existiría movimiento entre las partículas que

constituyen nuestros cuerpos, estaríamos completamente ordenados y congelados a temperatura cero Kelvin, a la temperatura del cero absoluto. Por otro lado si nuestra entropía fuese muy alta vale decir en estado muy desordenado, tampoco podríamos vivir. Para que exista la vida debemos romper el orden pero gradualmente racionalizando ese aumento de entropía de nuestros cuerpos a través de transferencia de energía con el entorno y el Sol. Tal como menciona el físico Derek Alexander Muller en el video Veritasium, The most misunderstood concept of physics [2] "... Las plantas captan esta fuente de energía para su crecimiento, algunos animales captan la energía de los nutrientes provenientes de las plantas y otros animales más grandes captan la energía que entregan los animales más pequeños, alimentándose de ellos. Pero en todo este proceso la energía se va dispersando...".



La entropía es un concepto fundamental, la entropía indica cómo varían las propiedades físicas de los cuerpos y las leyes de la termodinámica son determinadas por el efecto de la entropía de los cuerpos. En efecto, la tercera ley nos indica que a la temperatura del cero absoluto (a cero Kelvin) la entropía de los cuerpos sería nula, la primera ley indica que la variación de la energía de los cuerpos, motores y también de los seres vivos depende de la variación de entropía y además la segunda ley estipula que la entropía de un sistema aislado aumenta hasta alcanzar el equilibrio, mientras que la ley cero indica que en el equilibrio las temperaturas de los cuerpos son iguales. En conclusión, todos los procesos en el Universo, incluyendo la vida en la Tierra están determinados por el aumento de la entropía, solo que para que la vida sea posible debemos racionalizar este aumento de entropía.

[1] Blundell, S.J., and Blundell, K.M., Concepts in Thermal Physics, Oxford: Oxford University Press (2008).

[2] Veritasium, the most misunderstood concept in physics: <https://www.youtube.com/watch?v=DxL2HoqLbYA&t=1109s>