

El año de Darwin y Lovelock

5ª parte: Gaia y entropía

Carlos de Castro Carranza

Se preguntará el lector qué tiene que ver la entropía (eso de que el desorden aumenta) con Gaia o con la evolución, o con la vida.

De hecho, ¿no parece contradictoria la ley de la entropía con la presencia de seres vivos que son altamente ordenados?

Pues no. No sólo hay contradicción sino que veremos como las leyes de la termodinámica favorecen a Gaia (y no al neodarwinismo).

Definamos de forma intuitiva pero perfectamente válida desde el punto de vista físico la segunda ley.

Definición de entropía: es el grado en el que un sistema ha compartido o difundido su energía entre sus partes.

Segunda ley de la termodinámica, **ley de la entropía**: en el universo la entropía tiende a aumentar. Es decir, **hay una tendencia natural a difundir y compartir la energía dentro del Universo.**

Así un sistema tendrá baja entropía si le queda energía que puede compartir y difundir con el resto del mundo. Tendrá alta entropía si ya ha compartido buena parte de su energía.

Pongamos un ejemplo visual, imaginemos al coyote corriendo detrás del correccaminos. Como sabemos, el coyote termina siempre flotando en el aire unos instantes en lo alto de un barranco. Fijémonos que en ese momento tiene una energía potencial gravitatoria y que está cumpliendo con la primera ley de la termodinámica: conserva su energía. Pero no está cumpliendo con la segunda ley: tiene mucha energía disponible que puede compartir con el fondo del barranco y con el aire, así que es inevitable que caiga en picado. Al hacerlo la energía potencial gravitatoria se transforma en energía cinética y durante todo el trayecto en energía calorífica (rozamiento con el aire y al final calentamiento del suelo y de su cuerpo en el choque). Con ello ha difundido y compartido su energía con el resto del universo. Ha cumplido la segunda ley.

Hay sistemas que no pueden momentáneamente aumentar su entropía porque algo se lo impide (el coyote antes de asomarse al barranco, el vaso sobre la mesa). Y hay sistemas que incluso pueden disminuir temporalmente su entropía, por ejemplo, la formación de un cristal de sal común cuando se evapora el agua en la que estaban disueltos sus iones de cloro y sodio. La entropía del cristal ha disminuido (ha quedado almacenada una energía en sus enlaces químicos). ¿Qué pasa con la segunda ley? Nada, que se sigue cumpliendo, porque el agua al evaporarse se ha llevado con creces la entropía

que le falta al cristal. El sistema global, agua más cloro y sodio, comparte y difunde más la energía una vez evaporada el agua y formado el cristal que antes de hacerlo. Es más, la formación del cristal se favorece precisamente porque así se comparte y difunde más la energía.

¡Lo mismo pasa con los seres vivos! Todos almacenan una energía en sus enlaces químicos que temporalmente no comparten. Pero en el resto de sus intercambios energéticos, están haciendo que la entropía del universo que los contiene aumente y lo haga de forma que compense la disminución de la entropía en sus cuerpos.

Podríamos pensar, sí, pero, ¿por qué no mueren rápidamente los seres vivos?, por ejemplo, ¿por qué no se autoinmolan los árboles quemándose? De esa forma aumentaría la entropía también.

Pues porque parece que existe algo más, resulta que la naturaleza no cumple la segunda ley de cualquier modo, sino que tiende a hacerlo de la forma más rápida posible. Es como si aborreciera los gradientes (saltos energéticos como el del coyote) o tratara de difundir la energía y compartirla de la forma más rápida posible. Si hay dos caminos para reducir el gradiente o compartir la energía, la naturaleza escoge el más rápido.

Ejemplos: el coyote cae en picado, no planea suavemente para llegar al fondo del barranco. La gota de agua que cae sobre la montaña y busca el mar va por el camino de máxima pendiente, por el más rápido a escala local y que se le permite. La pelota que desciende por una cuesta no zigzaguea.

¿El cristal de sal al formarse favorece la evaporación del agua y con ello aumenta más rápido la entropía?

Sí.

Es decir, estamos ante el preliminar de lo que podría ser una nueva ley de la termodinámica, la cuarta ley (la tercera es la de que no podemos bajar a 0°Kelvin o -273,16°Celsius):

Cuarta ley (preliminar): si existen varios caminos de aumentar la entropía se favorecerá el más rápido.

Y esta es una ley estupenda para la vida. Resulta que un sistema complejo tiende a aumentar la diversidad de caminos posibles para aumentar la entropía. Al aumentar el número de caminos posibles estadísticamente es más probable que aparezcan caminos en los que cumplir la cuarta ley. Es decir, la complejidad, una vez establecida, sería estable porque tiende a hacer que el sistema que la contiene aumente la entropía más rápidamente.

Y la vida es por definición compleja. Así que podemos comprobarlo. ¿Un sistema con un organismo aumenta su entropía más que el mismo sistema sin él? Respuesta: en principio sí. El problema es que los seres vivos son tan

complejos que tienden a complicar también el sistema en el que se encuentran, a modificarlo tanto que la comparación no es tan sencilla.

¿Demos imaginar un sistema lo suficientemente global para poder hacer la comparación? Más o menos. Podemos imaginar como sería la Tierra sin vida y comparar la generación de entropía que genera con la Tierra con vida (es decir, con Gaia). ¿Es la Tierra con Gaia no solo más compleja sino que aumenta más rápidamente así la entropía del Universo? He hecho algunos cálculos...

¡Y la respuesta es Sí!

Es decir, que las leyes de la termodinámica están favoreciendo la estabilidad de los sistemas complejos. Su sostenibilidad. El desarrollo de Gaia es sostenible porque evoluciona hacia un sistema que se mantiene complejo. Será cada vez más estable si evoluciona hacia un sistema cada vez más complejo.

La vida no es una casualidad en el Universo, sino que muy probablemente es bastante común (es cierto que requiere unas condiciones, como el cristal de sal necesita de agua en evaporación para formarse), pero una vez formada la vida, las leyes de la física la favorecen, y lo que es muy importante, ¡favorece que la vida aumente su complejidad! Es decir, que lo que no es capaz de explicar el darwinismo, el porqué la tendencia y persistencia (a pesar de catástrofes externas a Gaia) a la aparición de especies cada vez más complejas, tenemos una explicación parcial de la mano de las leyes físicas: los organismos complejos son estables porque favorecen el cumplimiento de las leyes de la termodinámica.

Pero no estoy diciendo que estas leyes sean suficientes para explicar la evolución de las especies y de Gaia, pues no explican cómo aparecen los organismos complejos o los sistemas complejos sino que explican su permanencia. En cambio el neodarwinismo no sólo no lo puede explicar, sino que las fuerzas que pretende que están implicadas son opuestas a las leyes que hemos acabado de explicar. Las interacciones entre seres, son competitivas, la selección natural es una fuerza simplificadora (y en todo caso conservadora) pero nunca creativa de la complejidad. Cuando dos seres compiten por los recursos al modo de Darwin y del neodarwinismo, la entropía no sólo aumenta más rápidamente, sino que tenderá a hacerlo al revés, más lentamente. Precisamente porque tiende a reducir la complejidad del sistema. Solo la coordinación o la cooperación y no la competencia, son fuerzas que permiten integrar un sistema. Cuando una célula eucariota surgió como interacción entre procariotas, la interacción no pudo ser competitiva, sino necesariamente coordinada. Cuando surge un gorrión como interacción entre sus células y órganos, a nadie se le ocurre pensar que su corazón compite y es seleccionado con el cerebro, o una célula epitelial es seleccionada frente a otra porque su adaptación es mejor y se reproduce más. Los sistemas complejos son seleccionados una vez formados no por la selección natural de Darwin sino porque con ello se cumplen las leyes de la termodinámica. Y cumplen mejor con la "cuarta ley".

En el sistema Tierra siempre que sea posible se formará una jerarquía de niveles de organización de la célula al organismo y de éste a los ecosistemas y a Gaia. Es inevitable que exista una tendencia hacia la formación de Gaia como un organismo altamente complejo e integrado, sencillamente porque cada paso hacia esa integración y complejidad hace que la Tierra comparta y difunda más rápidamente con el Universo la energía que le viene del Sol. Y si vemos a Gaia como un organismo, de nuevo, la interacción entre sus componentes no será competitiva, ni existirá selección natural al modo neodarwinista, no puede hacerlo, porque ningún organismo y ser altamente complejo lo hace dentro de sí. Así pues, la interacción será coordinada. Los organismos vivos se coordinan como lo hacen las células del organismo del lector. Y esta coordinación es automáticamente seleccionada cada vez que lleva a un crecimiento de la entropía (al menos a largo plazo) porque así se cumple mejor que la energía del universo se difunda más rápido.

En mi opinión, si vemos a Gaia como un organismo, es capaz de modificar tanto el sistema (la superficie de la Tierra), que incluso es difícil comparar el sistema con y sin Gaia. Un organismo es un ser propositivo (con finalidades que le pertenecen aunque éstas sean inconscientes). Gaia regula la temperatura, la salinidad de los océanos, su acidez, etc. con propósito, aunque éste sea inconsciente. Esto nos resultara extraño hasta que pensemos que la colmena de abejas regula bastante bien la temperatura interna sin ser consciente de lo que hace, pero con un claro propósito (o varios, como puede ser mantener la cera sólida y la miel líquida, ayudar a la supervivencia de sus abejas que no están sometidas a los rigores del invierno, etc.). Cuando una golondrina construye su nido, es obvio que lo hace con un propósito claro, sea o no este consciente. Todo organismo tiene propósitos. Todo organismo favorece la creación de entropía y además de una forma más rápida. El sistema Tierra tenderá, si las condiciones son apropiadas, a formar un macro-organismo. Si a este organismo lo llamamos Gaia, Gaia tiene que tener propósitos.

Pero al igual que mis células y órganos tienen sus propios propósitos pero sometidos a los propósitos del organismo en el que se encuentran (yo), hasta el punto de que muchas células mueren a diario para mantener el organismo en óptimas condiciones, debemos extrapolar lo mismo para Gaia. Los órganos y células de Gaia, sus partes en interacción, tendrán propósitos propios, pero sometidos a los propósitos y dictados de la propia Gaia. Es Gaia y no la selección natural darwinista, la que selecciona en cada momento de Gaia, qué células mueren y se reproducen. Si no lo hiciera así, no podría haber la integración suficiente como para formar un organismo.

Por supuesto esto tiene implicaciones para el ser humano y para nuestro concepto de Desarrollo Sostenible y el de la propia Gaia.

Más información: “El Origen de Gaia. Una teoría holista de la evolución”. Editorial Abecedario. 2008. Carlos de Castro Carranza