

AC 14 28

Esta es la voz de la Universidad Nacional de Educación a Distancia del Ministerio de Educación y Ciencia, emitiendo a través del tercer programa de Radio Nacional de España, su programa dedicado a los alumnos del curso de acceso directo a la universidad para mayores de 25 años. En nuestra emisión de hoy les ofreceremos introducción a las ciencias físico-naturales y cartas sobre el lenguaje. En primer lugar, introducción a las ciencias físico-naturales.

La ilustración de hoy lleva por título Las ciencias de la vida, Darwin frente a Boltzmann. ¿Quién fue Boltzmann y qué puede decirnos acerca de su principio sobre la evolución del universo? Ludwig Boltzmann, 1844-1906, físico austríaco, fundador de la moderna termodinámica, dio la formulación definitiva del llamado Segundo Principio, según el cual la naturaleza se encamina hacia el desorden máximo como meta final. Así, por ejemplo, al encontrarse gases distintos, tienden a mezclarse uniformemente perdiendo toda diferenciación.

Del mismo modo que dos cuerpos a distinta temperatura experimentan un transporte de calor del cuerpo caliente al frío, tendente a igualar sus temperaturas. Un terrón de azúcar se disuelve al arrojarlo en el agua. Un bloque de hielo se funde en idénticas circunstancias.

Una pila galvánica se agota al unir sus terminales en una bombilla. En todos estos ejemplos, una situación inicial de desequilibrio, es decir, de diferenciación u ordenación, tiende a desaparecer cuando los correspondientes sistemas quedan en libertad de evolucionar. El bloque de hielo ordenado en redes cristalinas del sistema cúbico se desordena al fundirse y perder su diferenciación con el líquido en que se haya sumergido.

La pila galvánica, con sus terminales o polos positivo y negativo, pierde por el uso esta diferenciación de terminales. En los anteriores ejemplos, se desencadenan procesos de transporte como respuesta a situaciones de desequilibrio. Efectivamente.

De hecho, la existencia de estructuras ordenadas, con los desequilibrios que ello implica, constituye la fuente potencial de todos los fenómenos de transporte que tienen lugar en la naturaleza. La corriente eléctrica, la conducción del calor, la difusión de masa, el movimiento de fluidos. En todos estos procesos, se disipa calor y se degradan formas energéticamente más nobles en energía térmica.

Toda la actividad de nuestro planeta, como la de cualquier otro cuerpo del universo, genera continuamente enormes cantidades de calor. El fin del universo, según Boltzmann, consistirá en la final conversión de toda energía en calor con la existencia de un gas perfecto de temperatura uniforme. Es decir, la uniformidad total, la absoluta carencia de estructuras ordenadas o diferenciadas del resto.

La formulación matemática del principio de Boltzmann contó con numerosas críticas adversas e incluso llegó a demostrarse su falsedad. Todo lo cual originaría la enajenación mental de su autor, quien, en un arrebatado de locura, se arrojaría a las frías aguas del Danubio, terminando

así trágicamente sus días. Pasemos a continuación a Darwin.

¿Cuál es su postura frente a la evolución del universo? Charles Darwin, 1809-1882. Fue el naturalista inglés que formuló por vez primera el famoso principio de la evolución biológica por el cual los seres vivos tienden a estructuras cada vez más complejas y diferenciadas del medio. Sus teorías han sido plenamente confirmadas.

Una visión superficial de las mismas podría hacernos pensar en su incompatibilidad con el principio de Boltzmann. El universo de Boltzmann tiende hacia el desorden total. Sin embargo, los biosistemas de Darwin se hacen cada vez más complejos y ordenados, constituyendo como una barrera que se opusiera, que tendiese a frenar la marcha hacia la uniformidad y el desorden.

¿Cómo pueden dos teorías tan opuestas conjugarse dentro de la ciencia actual? Hemos querido dramatizar acerca de las dos posturas opuestas, de la materia inorgánica y de la materia viva, para poner de manifiesto la enorme diferencia existente entre el comportamiento de estas dos partes de nuestro universo. En efecto, la teoría de Darwin, aplicable a los seres vivos, no puede ciertamente interpretarse a la luz tan sólo de los principios de la física, como sucede con la de Boltzmann. Es necesario introducir la información.

Y tal como decimos en el texto, energía e información se comportan de modo que todo sucede como si la energía tendiese a distribuirse lo más uniformemente posible en el universo, de acuerdo con Boltzmann. Mientras que la información, patrimonio de los seres vivos, tiende a aumentar en los sistemas que la poseen, según Darwin, generando estructuras cada vez más ordenadas y complejas. De este modo, la información aparece como una magnitud nueva e insoslayable si deseamos dar una descripción completa del universo.

¿Qué papel desempeña esta información en el comportamiento y evolución de los seres vivos? En una reducción de la masa a energía, el universo puede describirse en términos estrictamente energéticos. Sin embargo, una parcela de este universo resulta inexplicable dentro de un esquema tan simplificado. Nos estamos refiriendo a los seres vivos cuyo comportamiento pertenece al campo de la cibernética, en el que a la energía deberemos añadir una nueva magnitud, la información.

Así, gracias a esta información, los seres vivos evolucionan, diferenciándose del medio hacia estructuras cada vez más complejas y más organizadas. Todos ustedes, según veíamos antes, como si estos seres desafiase el principio de Boltzmann, oponiéndose a la consecución del estado final del universo, que sería, muy posiblemente, un gas perfecto a temperatura constante y de densidad prácticamente nula. La información, patrimonio de los seres vivos y de los autómatas construidos a su semejanza, tiende a aumentar en conformidad con las teorías evolucionistas de Darwin.

Por este motivo, los biosistemas son finalistas, al tener como fin un mayor orden y especialización que les permita responder con mayor eficacia al medio, aprovechando, por

ejemplo, sus recursos energéticos lo más rentablemente posible. Así, de acuerdo con la información adquirida del medio externo, la materia viva adopta las decisiones más adecuadas y que repercuten a la larga en el código genético de la especie biológica, originando las correspondientes mutaciones de la misma. De todos modos, parece como si los seres vivos violaran el segundo principio de la termodinámica, rigiéndose por un principio o ley completamente opuesto.

¿Cómo es posible salvar esta incongruencia? La aparente contradicción de los anteriores principios queda superada a la luz de la moderna termodinámica de los procesos irreversibles. Esta parte de la física estudia, en particular, aquellos procesos de transporte bajo condiciones impuestas, tales como el mantenimiento de ciertos gradientes de temperatura, concentración, campo eléctrico, que, como sabemos, existen en los seres vivos con objeto de conservar sus parámetros biológicos, homeostasis y diferenciación del medio. Estos transportes, sujetos a vínculos externos, constituyen los denominados estados estacionarios.

Sin embargo, el mantenimiento de estos estados sólo es compatible con la autorregulación del sistema. Autorregulación controlada por el código genético en un ser vivo o por un programa adecuado en un automata. Ahora bien, los sistemas autorregulables, es decir, capaces de reaccionar frente a una información recibida, respetan el principio de Boltzmann, de incremento neto del desorden y de la entropía del universo.

Así, los seres vivos consumen durante su existencia recursos energéticos que degradan, transformando energías ordenadas en energía. Ordenadas o potenciales en calor. Por ello, aunque la fase de crecimiento, la entropía específica del individuo decrezca, el metabolismo se encarga de restablecer el cumplimiento del mencionado principio.

Fenómenos tales como el llamado transporte activo, a través de biomembranas que aparentemente violan el segundo principio, tienen lugar acoplados con mecanismos de disipación energética, concretamente, en el mencionado caso, mediante la hidrólisis del adenosintrifosfato en la célula. Resulta de gran importancia resaltar que, en este y en otros muchos fenómenos biológicos, se disipa energía, sí, pero en cantidad mínima, evidenciando un aprovechamiento optimal de los recursos energéticos en los biosistemas. ¿Existe alguna ley que regule este consumo de energía mínimo por parte de los sistemas biológicos? Efectivamente.

Precisamente, el recientemente descubierto teorema de Prigochin, establece que aquellos sistemas que, como los seres vivos, evolucionan dentro de estados estacionarios, disipan una energía mínima por unidad de tiempo. Se trata, pues, de un principio de rentabilidad en el consumo energético, de indudable valor para las especies biológicas. Sin embargo, este principio se aplica a sistemas que conservan constantes ciertos parámetros, constancia que exige su autorregulación.

Es decir, que el ámbito de aplicación del principio es precisamente el de los sistemas para los cuales la información resulta relevante, para aquellos que, como vimos, desafiaban al principio

de Boltzmann. La finalidad, el fin último del mundo que nos rodea, ha constituido siempre un tema de meditación profunda. Las teorías de Boltzmann y Darwin poseen este carácter finalista.

En efecto, el carácter finalista de ambos principios aparece así claramente al marcar una pauta de evolución definida, no ambigua a los sistemas objeto de su aplicación. Conviene señalar, por último, que el principio de Prigochin matiza y hasta cierto punto perfecciona el principio de Boltzmann, retrasando la consecución del estado optimal final de máximo desorden. Esto, como hemos visto, ha sido posible gracias a la asimilación de información externa por parte de los biosistemas, lo que les permite estabilizarse en torno a estados optimales secundarios, los que hemos denominado, conforme a la terminología de la termodinámica irreversible, estados estacionarios y cuya disipación energética es mínima.

Como consecuencia de todo lo dicho, es importante comprobar cómo la ciencia moderna establece la finalidad de las leyes naturales. El azar queda relegado a un nivel individual. El colectivo o macrosistema sigue una trayectoria bien definida.

Nada queda al arbitrio de posibles cataclismos, incluso si el hombre llegase a destruir la vida sobre la Tierra por una catástrofe nuclear o ecológica, esta vida surgiría de nuevo en aquel punto del universo en que se diesen las circunstancias ambientales adecuadas para su evolución. Boltzmann y Darwin, cada cual en distinto terreno, supieron establecer la forma del devenir del universo, la trayectoria seguida en promedio por sus numerosísimos elementos constitutivos pese a las fluctuaciones individuales existentes. Acaban de escuchar ustedes

Introducción a la ciencia