

UNA ESTUDIANTE DE BIOLOGÍA LEE Y COMENTA ¿QUÉ ES LA VIDA? DE SCHRÖDINGER

por INÉS SÁNCHEZ TÚNEZ

ESTUDIANTE DEL GRADO EN BIOLOGÍA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA. FACULTAD DE CIENCIAS

SANCHEZTUNEZINES@GMAIL.COM

Palabras clave: ADN, biología, entropía, física cuántica, mutaciones, orden

Keywords: Biology, DNA, entropy, mutations, order, quantum physics

Resumen: El artículo es una reflexión personal y analítica de Inés Sánchez Túnez, estudiante de Biología, sobre el libro *¿Qué es la vida?* de Erwin Schrödinger. Tras una lectura interdisciplinar que combina física cuántica y biología, plasma la relevancia y actualidad del texto, a pesar de haber sido escrito en 1944. Se exploran conceptos como la entropía negativa, el orden en los sistemas vivos, la transmisión de la información genética, y la anticipación teórica de la estructura del ADN mediante la idea del “cristal aperiódico”. Además, se examina el papel de las mutaciones y el impacto de las leyes físicas en la evolución y la estabilidad molecular. El artículo subraya la visión de Schrödinger sobre la vida como un fenómeno ordenado en un universo entrópico, y valora su propuesta de que la vida podría implicar principios físicos aún no descubiertos. Con un enfoque tanto científico como filosófico, se concluye que el verdadero valor del libro no reside en ofrecer respuestas cerradas, sino en su capacidad de formular las preguntas esenciales que nos acercan, poco a poco, a una mejor comprensión del fenómeno de la vida.

Abstract: *The article is a personal and analytical reflection by Inés Sánchez Túnez, a Biology student, about the book *What is Life?* by Erwin Schrödinger. Through an interdisciplinary reading that combines quantum physics and biology, she highlights the relevance and modernity of the text, despite having been written in 1944. The article explores concepts such as negative entropy, order in living systems, the transmission of genetic information, and the theoretical anticipation of the structure of DNA through the idea of the “aperiodic crystal.” It also examines the role of mutations and the impact of physical laws on evolution and molecular stability. The article emphasizes Schrödinger’s view of life as an ordered phenomenon within an entropic universe and values his proposal that life might involve physical principles yet to be discovered. With both a scientific and philosophical approach, it concludes that the true value of the book lies not in providing definitive answers, but in its ability to pose fundamental questions that gradually bring us closer to a better understanding of the phenomenon of life.*



Figura 1: Portada del libro *¿Qué es la vida?* de Erwin Schrödinger. 7ª edición.

Nota introductoria de Miguel Ángel Medina (del Comité Editorial de *Encuentros en la Biología*): Hace unos meses propuse a Inés Sánchez Túnez, estudiante de Biología, que leyera el libro *¿Qué es la vida?* de Erwin Schrödinger y que elaborara un comentario crítico de esta lectura. Cuando leí el comentario que tiempo después me entregó, tuve claro que -con unos pequeños cambios- lo que ella había escrito merecía ser compartido con los lectores de nuestra revista.

Cuando abrí *¿Qué es la vida?* de Erwin Schrödinger, lo hice con una mezcla de curiosidad y escepticismo. No sabía si un libro escrito por un físico en 1944 iba a tener todavía algo que decirme en pleno siglo XXI. Sin embargo, me sorprendió la capacidad del autor de anticiparse a descubrimientos de gran relevancia en la ciencia y su facilidad para correlacionar las leyes de la física con la vida, permitiendo ver con otra perspectiva hechos que hoy en día damos por sentado, sin saber todo el trabajo que hubo detrás hasta darlos como válidos. Su lectura fue un viaje que aborda un cruce interdisciplinar desde las bases de la física cuántica hasta los primeros esbozos de las bases de la biología. El autor admite que no es biólogo y que está saliendo de su campo, lo que queda de manifiesto en el tono humilde con el que escribe. No pretende imponer conocimiento, sino más bien compartir una búsqueda, preguntándose a sí mismo si será posible entender los procesos vitales a partir de las mismas leyes que rigen la materia inerte. A lo largo de los capítulos, el autor construye una respuesta parcial, incompleta, pero profundamente sugerente y

adelantada a su tiempo. No da una definición cerrada, sino que propone una manera de mirar la vida desde la física: como un fenómeno de conservación de orden en un mundo donde prima el desorden.

En el primer capítulo se plantea una reflexión sobre las limitaciones de la física para explicar la vida. Esta sostiene que los sistemas tienden hacia el desorden, es decir, un aumento de entropía. Sin embargo, los seres vivos parecen desafiar esta tendencia, ya que conservan un alto grado de organización interna. Este nivel de orden no puede explicarse únicamente por las leyes estadísticas aplicables a sistemas de grandes cantidades de partículas, pues a diferencia de los sistemas físicos, en los que el comportamiento general se deduce del promedio de millones de átomos, en los sistemas biológicos el comportamiento parece depender del funcionamiento de estructuras moleculares individuales. Esta reflexión da pie a pensar cómo es posible que los organismos conserven y transmitan sus características de una generación a otra con tal precisión. Hasta el momento se sabía que había algo en los cromosomas que llevaba la información hereditaria, pero su naturaleza era aún desconocida. Schrödinger postula que debe existir una estructura molecular sólida y compleja, capaz de almacenar las instrucciones necesarias para la vida, lo que este llama un “cristal aperiódico”, con una estructura regular pero no repetitiva. Lo extraordinario de esta propuesta es que anticipa la estructura del ADN, cuya secuencia de bases nitrogenadas constituye precisamente una cadena aperiódica de unidades estructurales que codifican la información genética.

En este contexto, las mutaciones genéticas adquieren gran relevancia. Schrödinger plantea que, si bien el mecanismo genético debe ser extremadamente estable, también debe permitir ciertas alteraciones que se transmitan a la descendencia. Esto no solo anticipa el rol de las mutaciones en la evolución, sino que introduce la idea, revolucionaria para la época, de que lo aleatorio y lo estadísticamente improbable puede tener un papel fundamental en el desarrollo de la vida. A pesar de que la estructura genética es sumamente estable, pequeñas alteraciones pueden ocurrir por causas físicas, como la radiación, y producir cambios en la información contenida. Lo notable, es que una alteración microscópica puede tener efectos macroscópicos visibles en el organismo. Aquí el autor alude a una concepción darwiniana del cambio evolutivo desde una perspectiva física: la mutación introduce variabilidad y la selección actúa como filtro.

El orden que implica no sólo el mantenimiento de la estructura interna, sino además la transmisión de información genética, dice el autor, no puede surgir

del azar, sino que debe estar basado en leyes físicas. Schrödinger explica que los principios cuánticos permiten entender cómo ciertas estructuras moleculares pueden mantener una forma estable a lo largo del tiempo. A diferencia de los sistemas clásicos, los átomos en un sistema cuántico ocupan niveles de energía definidos, y las transiciones entre estados son discretas, no continuas. Gracias a esto, ciertas configuraciones moleculares pueden existir en estados estables y resistentes. Esta idea cobra fuerza cuando Schrödinger examina las evidencias aportadas por Max Delbrück, quien trabajaba con bacteriófagos y había demostrado que ciertos agentes físicos como la radiación podían inducir mutaciones de manera reproducible y estadísticamente medible. Para el autor, los trabajos de Delbrück ofrecían la mejor confirmación experimental de su hipótesis de que los genes son entidades físicas reales susceptibles de ser transformadas mediante procesos energéticos.

El autor dedicó un capítulo a contestar a la pregunta “¿Cómo es posible que los organismos vivos mantengan orden en un universo regido por la tendencia al desorden?”. La clave está en comprender que los organismos no son sistemas cerrados, sino abiertos, que intercambian materia y energía con su entorno. Los seres vivos evitan su degradación hacia el equilibrio termodinámico comiendo, bebiendo, fotosintetizando... es decir, realizando acciones que quedan englobadas por el metabolismo. Al metabolizar extraen la energía que necesitan para mantener su propia organización, devolviendo al ambiente una mayor cantidad de desorden. Schrödinger introduce así el término “entropía negativa”, que sirve como una forma intuitiva de describir cómo los seres vivos se alimentan de estructuras organizadas (entropía negativa) para contrarrestar el desorden al que tienden naturalmente, por el simplemente hecho de estar vivos (entropía positiva). Un punto para destacar es que esta capacidad de mantener el orden no contradice la segunda ley de la termodinámica, ya que lo que el organismo reduce en su interior lo compensa generando mayor entropía en el entorno. En su conjunto, la vida no limita el aumento de la entropía universal, sino que contribuye a él, aunque de forma indirecta.

Al final del libro el autor introduce la idea de que es posible que, en el fenómeno de la vida, esté operando un principio físico aún desconocido, cuya descripción escapa todavía al marco teórico de la física, al menos tal como se entendía en los años cuarenta. Esta sugerencia no implica que la vida sea algo sobrenatural ni que las leyes actuales sean inválidas, sino que pueden ser incompletas para describir sistemas de alta complejidad, como son los seres vivos. Este orden es tan improbable estadísticamente

hablando, que su persistencia exige una explicación más allá de la simple probabilidad: debe haber una estructura física precisa, cuya estabilidad cuántica y capacidad de replicarse definen lo que entendemos por vida. Por eso, plantea que el enfoque físico debe cambiar: no basta con aplicar estadística a grandes conjuntos de partículas, sino que hay que mirar con detalle la estructura individual de las moléculas que gobiernan la vida. Lejos de contestar a la pregunta que da título al último capítulo (“¿Está basada la vida en las leyes de la física?”), propone que estudiar la vida es una manera de ensanchar los horizontes de la física misma.

En el epílogo, Schrödinger se adentra en una reflexión filosófica sobre las consecuencias que el pensamiento científico tiene sobre el determinismo y el libre albedrío y habla del “milagro” de que leyes físicas puedan dar lugar a algo tan extraordinario como la conciencia. Partiendo del éxito de la física en describir la naturaleza como un sistema regido por leyes precisas, plantea un dilema inquietante: si todo en el universo, incluidos nuestros cuerpos y cerebros, está sujeto a leyes físicas, entonces ¿en qué lugar queda nuestra libertad de decisión? Este capítulo, aunque más especulativo, me pareció importante porque muestra que la ciencia también tiene una dimensión de asombro. Schrödinger no teme decir que hay cosas que no entiende, que quizás nunca se entiendan del todo, y que eso también forma parte del conocimiento.

Al terminar el libro, me quedó una impresión muy clara: este no es un escrito que pretenda tener la última palabra sobre la vida, sino uno que quiere hacer la pregunta de forma correcta. De Schrödinger destaca su capacidad de tender puentes entre disci-

plinas y la manera de adelantarse a descubrimientos posteriores, como la estructura del ADN. Su intuición sobre el “cristal aperiódico” como portador de la herencia es una prueba de que no tenía los datos experimentales, pero sí una capacidad asombrosa de proyectar lo que debía existir a partir de la lógica de las leyes físicas. Otro rasgo característico de este es que no se limita a dar respuestas, sino que deja abiertas muchas preguntas. No intenta reducir la vida a una fórmula; busca comprenderla sin traicionar su complejidad, y eso es quizás lo más admirable, su enfoque científico a la par que filosófico. ¿Qué es la vida? es un recordatorio de que las ideas más fértiles nacen a menudo del cruce entre mundos, pues fue un físico quien formuló una de las preguntas más profundas de la biología. Su libro, aunque antiguo, no envejece, pues no depende tanto de datos como de ideas, y las ideas, cuando están bien planteadas, sobreviven al paso del tiempo. Es una invitación a mirar la vida y a nosotros mismos desde un ángulo que combina rigor físico con profundidad existencial. Me dejó con más preguntas que respuestas, pero también con una admiración renovada por la capacidad del pensamiento humano de indagar en lo más profundo desde lo más pequeño. Esta lectura no está pensada para encontrar respuestas definitivas, sino para recordar por qué hacemos preguntas, porque en el fondo, la ciencia empieza siempre por eso: por un gesto de asombro.

Referencia

Schrödinger, E. (2023). *¿Qué es la vida?* (R. Guerrero, Trad.). Tusquets Editores. (Obra original publicada en 1944)