

Biología cuántica ¿los átomos vivientes?



La demencia de Atenea

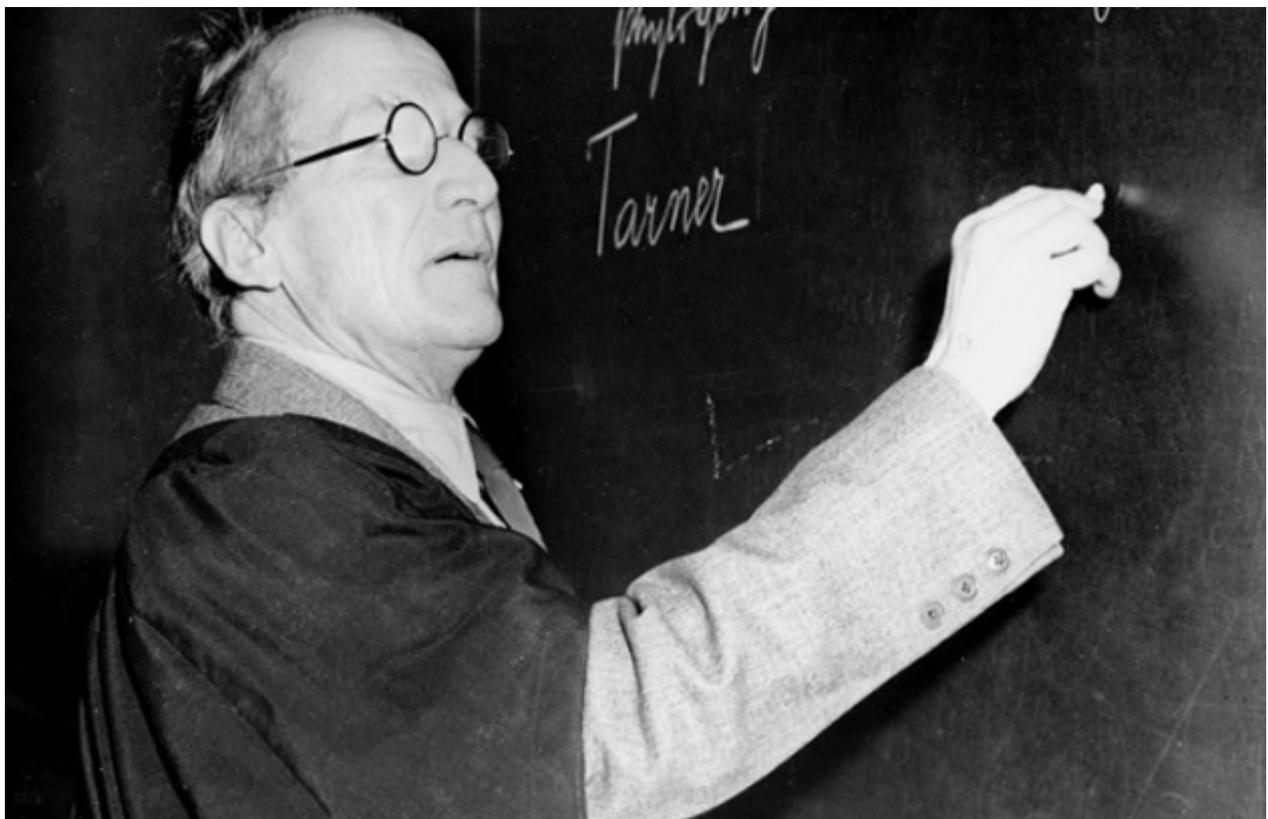
Por Mario Jaime

La Paz, Baja California Sur (BCS). Muchas ocasiones en las que he mirado pedazos de carne en un laboratorio: cerebros humanos gelatinosos, músculos de tiburones apestosos, huesos de aves secos, me asalta una duda angustiosa y horrible. ¿Cómo es posible que estas cosas hayan palpitado según ese misterio que llamamos **vida**? ¿Puede la mecánica cuántica explicar el funcionamiento de los sistemas vivientes y las **biomoléculas a**

escalas atómicas?

*Durante la conflagración de la guerra brutal, Erwin Schrödinger escribía ensimismado en Dublín, esperanzado en la derrota nazi. Faltaba un año para la bomba atómica y el suicidio de Hitler. Erwin tenía un premio nobel en su carpeta, un experimento mental con un gato fantasma y era uno de los físicos más reconocidos -su contribución al modelo atómico cuántico sigue vigente hasta hoy-; pero sus pensamientos estaban dirigidos a resolver un problema más allá de la física. El problema irresoluble de la **vida**. Tras él, miles de años de preguntas biológicas flotaban como espectros. Schrödinger abordó la cuestión como físico, desde un punto de vista energético, con los lentes de las **leyes termodinámicas** para intentar comprender cómo pedazos de carne comían, bebían y tenían conciencia.*

También te podría interesar: [Una carrera intestinal](#)



¿Qué es la **vida**? Se preguntó y así tituló un pequeño libro publicado en 1944 donde expone su respuesta anticipando una

ciencia que parece fantástica: la **biología cuántica**. La tesis de Schrödinger es simple, hermosa y elegante: la finalidad de la **vida** se explica **termodinámicamente** por medio de la **mecánica cuántica**. Nada de ideas esotéricas como el elán vital, nada de mecanicismos groseros impulsados por almas o idealismos románticos que hablan de voluntad; sólo una explicación biofísica, energética y metabólica. Ahora, se podría reprochar que la energía tampoco existe de forma óptica o realista. Pero es una relación que puede ser cuantificable, algo que no lo es el alma ni la voluntad.

*Revisemos el manual de termodinámica de Abbot y Van Ness; leemos: La **energía** es una abstracción matemática que no tiene existencia aparte de su relación funcional con otras variables o coordenadas que tienen una interpretación física y que pueden medirse.*

En 1927 Heitler y London desarrollaron los principios generales de la **teoría cuántica** del enlace químico. A partir de eso Schrödinger deduce que la **mecánica cuántica** es el primer aspecto teórico que, a partir de principios primordiales, explica toda clase de agregados de átomos que se encuentran en la naturaleza. Schrödinger anticipa un factor de herencia -germen de un sólido- que llama cristal aperiódico o sustancia hereditaria, clave de la reproducción celular y vital.

Ya en 1891 Walter Sutton y Theodor Boveri acuñaron la Teoría cromosómica de la herencia, la cual postula que los factores responsables de la herencia -genes- se encuentran en los cromosomas y que el comportamiento de los cromosomas durante la meiosis puede explicar las leyes de la herencia descritas por Mendel; hipótesis confirmada por los trabajos de Morgan con la mosca de la fruta. Así pues, Schrödinger identifica que los cromosomas constituyen su cristal aperiódico. Hoy, consideramos que es la molécula del ADN la cual puede identificarse con este.

¿Cuál es el rasgo característico de la **vida**? La principal respuesta del padre del gato, es que la **materia viva** elude la degradación hacia el equilibrio por medio de los procesos metabólicos. Ahora bien, todo proceso, suceso o acontecimiento (todo lo que ocurre en la realidad) significa un aumento en la entropía de aquella parte del mundo en donde ocurre. Al ser un sistema físico -ligado a las leyes físicas- un organismo produce entropía positiva (aumenta su entropía, pierde energía) y se aproxima al estado de entropía máxima (muerte). Sólo puede mantenerse vivo extrayendo continuamente entropía negativa de su medio. Al final, la física gana y moriremos (¿Cómo individuos?) pero la **materia viva** retarda lo fatal.

*La mejor definición de muerte que he leído es la de Schrödinger: la degradación al **equilibrio termodinámico**. Lo vivo se organiza extrayendo orden del entorno. Orden dentro del orden, nos alimentamos de entropía negativa.*

Describe la ecuación de Boltzmann así: $- (\text{entropía}) = k \log (1/D)$

Si D es una medida del orden, su recíproco $1/D$ es una medida directa del orden.

Así, Schrödinger infiere joyas como estás:

- La sucesión de acontecimientos en el ciclo vital de un organismo está controlada por un grupo de átomos muy bien ordenados, que representan tan sólo una pequeñísima fracción del conjunto total de cada célula.
- La dislocación de tan sólo unos pocos átomos del grupo de los *átomos gobernantes* de la célula germen basta para producir un cambio bien definido en las características hereditarias de un organismo. O sea, una mutación.
- La asombrosa propiedad de los organismos de concentrar una corriente de orden y luchar contra la entropía se relaciona con el cristal aperiódico (para él, los cromosomas, hoy el ADN) que representa el grado

molecular más alto que conocemos.

- Un solo grupo de átomos produce acontecimientos ordenadamente armonizados entre sí y con el ambiente siguiendo las leyes más sutiles.



En los grados de organización superiores las copias se multiplican: 10^{14} en un mamífero adulto. Pero esto es una millonésima parte de moléculas encontradas en una pulgada cúbica de aire. Schrödinger piensa que, aunque son comparativamente voluminosas, esas copias no formarían, por coalescencia más que una minúscula gota de líquido. Nótese que el autor está hablando de cromosomas- en su época aún no se tenía claro el ADN-.

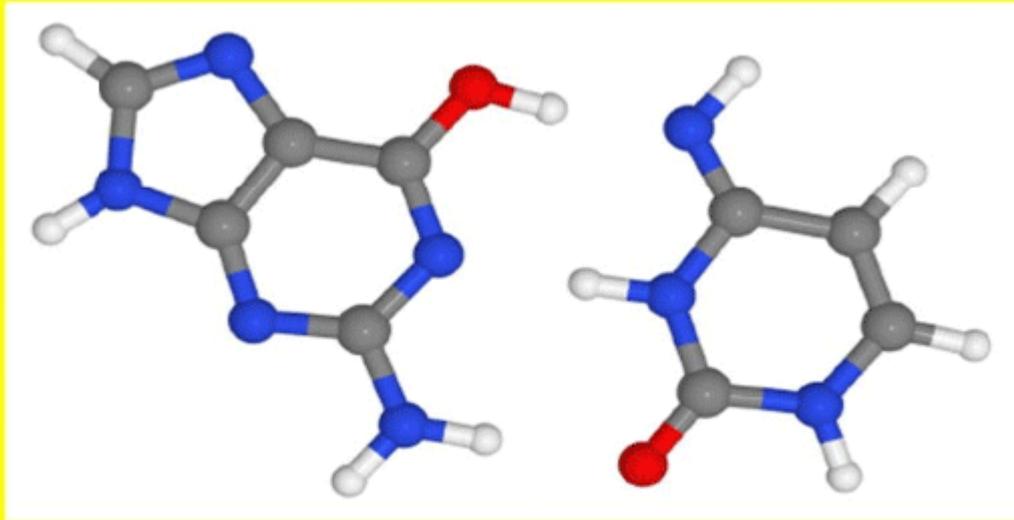
*Nos enfrentemos a sucesos cuyo desarrollo regular está dirigido por mecanismos completamente diferentes a los mecanismos físicos estadísticos descritos por Boltzmann. El fisicoquímico nunca se había enfrentado a tal problema por lo que el biólogo tendrá que encontrar nuevas **bioleyes**. Estás deben surgir no de un nuevo tipo de ley física, sino que el*

nuevo principio es la misma **mecánica cuántica** que explique porque el ADN está protegido del desorden que proviene del movimiento térmico.

Han pasado ya casi 80 años de este clásico de la ciencia. Schrödinger ha alcanzado su entropía máxima pero seguro algunos de sus átomos integran tu cuerpo, lector. Han pasado ya décadas; ahora existen aceleradores de partículas que buscan bosones, se ha encontrado agua en Marte, se desarrolló la reprogramación celular, se infirieron ondas gravitacionales y se han fotografiado los efectos de los agujeros negros. La nueva ciencia que Schrödinger anticipó ha echado raíces y ya se notan sus frutos. No es más simplemente teórica, avanza hacia lo empírico.

En 1966 Lödwin teorizó sobre la genética cuántica discutiendo las implicaciones biológicas de la *tunelización* de los protones en el ADN. La **tunelización cuántica** es el fenómeno en el que una función de onda puede propagarse a través de una barrera potencial. Se ha inferido que juega un papel central en biomoléculas como enzimas. En el Reino Unido se ha establecido el *Leverhulme Quantum Biology Doctoral Training Centre* en Surrey, donde varios científicos desarrollan modelos de dinámicas **cuánticas** sobre biomoléculas.

Cómo Schrödinger teorizó, una de las cuestiones más importantes por dilucidar es la estabilidad del cristal aperiódico, es decir, el ADN. Un de las amenazas más conspicuas contra tal estabilidad es la transferencia de protones a través de los enlaces de hidrógeno del ADN que podría llevar a la tautomerización, dando como resultado mutaciones puntuales. Estas mutaciones casi siempre destruyen la biomolécula o pueden provocar cosas terribles como tumores. La tautomerización es una reacción química que da lugar a tautómeros, isómeros que se diferencian solo en la posición de un grupo funcional. Entre las dos formas existe un equilibrio químico.

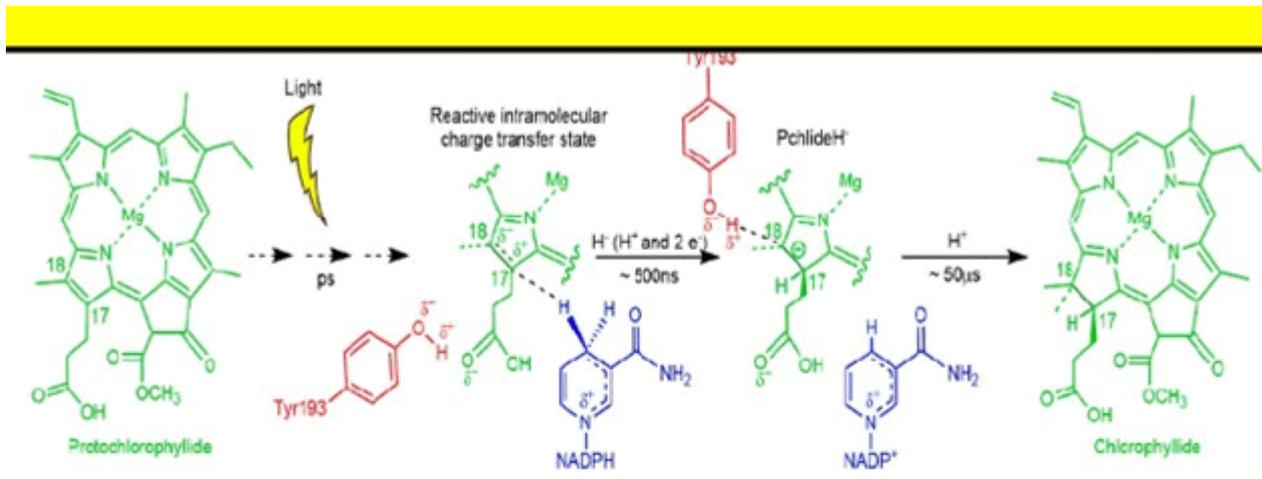


**Descripción esquemática de la reacciones de la transferencia de protones de Guanina – Citosina
Tomado de Slocombe et al. 2021.**

En 2022 Louie Slocombe, Marco Sacchi y Jim Al-Khalili publicaron un modelo de la estructura de pares de bases del ADN, la dinámica cuántica de los protones en el enlace de hidrogeno y la influencia del ambiente celular disipativo. En suma, un análisis teórico de los enlaces de hidrógeno entre el nucleótido guanina-citosina (G-C). Este modelo contempla la probabilidad de 1.73×10^{-4} en lo que respecta a la ocupación teutomérica; lo que sugiere que la transferencia de protones tiene un papel esencial en las mutaciones del ADN.

La biología cuántica es ya una realidad.

La fotosíntesis se ha definido como la cosecha de la luz mediante redes de cromóforos. Ahora hay exhaustivos estudios de biología cuántica que se enfocan en la transferencia de energía excitativa. Hay organismos que funcionan como modelos cuánticos; por ejemplo, ciertas halobacterias poseen rodopsinas retinales que funcionan bombeando protones a través de la membrana mientras absorben un fotón.



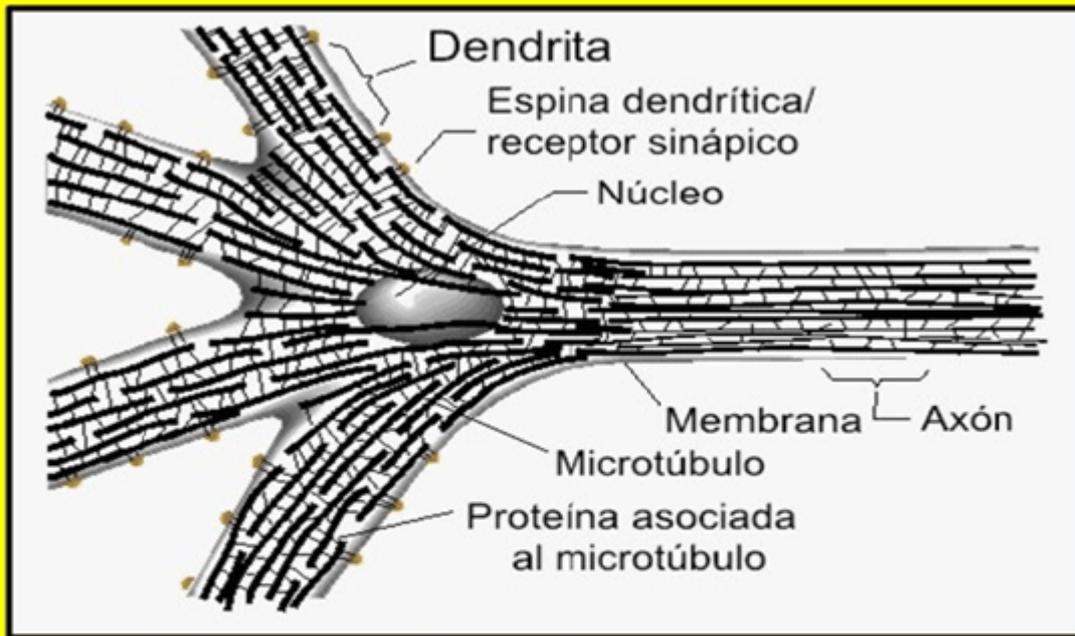
Una reacción ocurrida durante la fotosíntesis

La catálisis involucra interacciones moleculares que conllevan a transferencias que ocurren por tunelización cuántica

También, se han descubierto paramagnetos, moléculas altamente reactivas con espines de electrones no apareados que contribuyen a los sistemas biológicos en reacciones enzimáticas, respuestas inmunes, señalización y respiración mitocondrial. Hay estudios sobre propiedades anómalas de proteínas fluorescentes, fluorescencia en homodímeros, coherencia cuántica en canales iónicos neuronales, etc.

*Esta última ha generado una polémica filosófica. Fue Roger Penrose y Stuart Hameroff quienes propusieron que esta **coherencia cuántica** en los microtúbulos de las neuronas es el sustrato de la conciencia al ser capaz de realizar computaciones cuánticas. Conocida como teoría Orch Or o reducción objetiva orquestada, imbrica argumentos lógico matemáticos, físicos y neurológicos. Según Penrose algunos humanos son capaces de conocer la verdad matemática de las declaraciones no demostrables de Gödel (paradójicamente que no podemos demostrar esa verdad), por lo tanto el pensamiento humano necesariamente es no computable. Según Hameroff estos procesos no computables ocurren en los microtúbulos*

neuronales.



¿Descubrimiento de vibraciones cuánticas en microtúbulos dentro de las neuronas respalda controvertida teoría de la conciencia?

Más allá de los aspectos técnicos y matemáticos que se contemplan, asistimos ya en el siglo XXI al advenimiento de una **escala cuántica**, de ángstrom, de reinos diminutos que debemos de tomar en cuenta para entender el fenómeno maravilloso de la vida. En pocos años asistiremos a la fusión de la bioquímica con la física y poco a poco las neblinas del misterio darán paso a nuevos portentos.

Imagino en alguno estrato onírico a Haeckel, Epicuro, Demócrito y Lucrecio brindando con un hedonismo materialista por la derrota de Descartes, Platón y de San Pablo en una victoria más de lo material contra lo espiritual.

Referencias:

Hameroff, S.R.; Penrose, R. *Consciousness in the universe an updated review of the "Orch OR" theory*. In *Biophysics of Consciousness: A Foundational Approach*; World Scientific

Publishing Co. Pte. Ltd.: Singapore, 2016; pp. 517–599.

Kim, Y. et al. *Quantum biology: an update and perspective*. Quantum Reports 3, 80–126 (2021).

Löwdin, P.-O. *Quantum genetics and the aperiodic solid*. In Advances in Quantum Chemistry (ed. Löwdin, P.-O.) Vol. 2 (Academic Press, 1966).

Schrödinger, E. *What Is Life*; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1944

Slocombe, L., Sacchi, M., & Al-Khalili, J. (2021). *An Open Quantum Systems approach to proton tunnelling in DNA*. arXiv preprint arXiv:2110.00113.

—

AVISO: CULCO BCS no se hace responsable de las opiniones de los colaboradores, esto es responsabilidad de cada autor; confiamos en sus argumentos y el tratamiento de la información, sin embargo, no necesariamente coinciden con los puntos de vista de esta revista digital.