

FÍSICA

## Biología cuántica: una ciencia que es y no es a la vez

Los científicos estudian si los seres vivos utilizan las extrañas propiedades de la física cuántica en sus procesos biológicos, pero aún no lo han decidido.

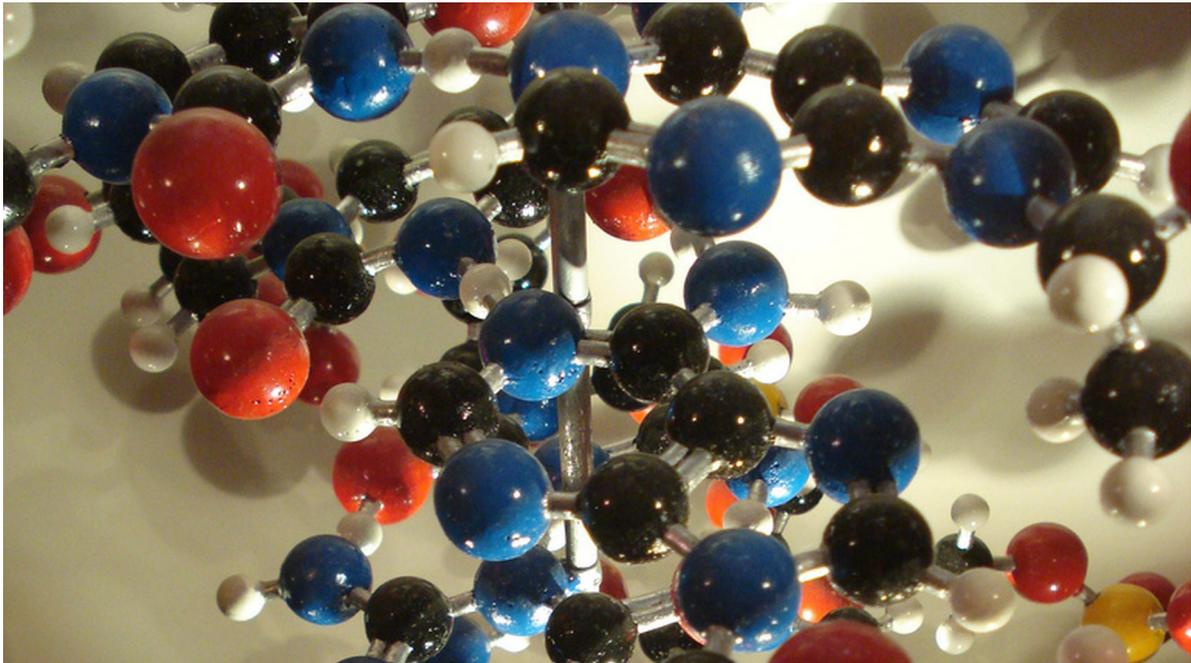


Imagen de una estructura de ADN molecular en el Museo de Ciencias de Oxford/ Allispossible.org.uk (CC)

JAVIER YANES > @yanes68

21.05.2016 01:18 h.



Circula por ahí un chiste sobre los ordenadores cuánticos, esas máquinas del futuro de las que se hablan maravillas: "Los ordenadores cuánticos son extremadamente potentes, y al mismo tiempo aún no funcionan", cuenta a EL ESPAÑOL el físico Franco Nori, director del Grupo de Investigación en Materia Condensada Cuántica del Instituto RIKEN, en Japón. El chiste es una parodia del famoso experimento mental del [gato de Schrödinger](#), que estaba vivo y muerto al mismo tiempo.

Y es que la física cuántica es así: paradójica, contraria a la intuición de los seres grandes como nosotros, que nos regimos por la lógica de la mecánica clásica y la relatividad einsteniana. En nuestra experiencia cotidiana, algo no puede aparecer al mismo tiempo en dos estados incompatibles entre sí. Las reglas de la cuántica sólo operan en lo extremadamente diminuto; e incluso a esa escala, [no siempre funcionan](#). Pero sobre todo, aún no ha logrado tenderse el puente en el que los físicos cuánticos y

los relativistas puedan darse la mano; no hay una teoría que ungue ambos ingredientes en una sola salsa.

Sin embargo, es evidente que las partículas subatómicas son la base de todo, así que podríamos decir, apunta Nori, que "todo en el universo es cuántico... porque todo está hecho de átomos". Pero aclara: "Sin embargo, no describimos cómo se mueven los satélites o cómo fluye el agua utilizando mecánica cuántica, porque para esto no necesitamos la parte cuántica. Muchos átomos se pueden describir bien clásicamente". De hecho, añade, "pocos fotones requieren un tratamiento de óptica cuántica; el cual no es necesario para muchos fotones".

Y dado que lo ocurrido en los círculos cuánticos no deja rastro aparente en eso que los no-físicos llamarían el *mundo real*, ¿cómo podría tener alguna importancia para la vida? Debería quedar perfectamente zanjado que las enormes moléculas en las que se basan los procesos biológicos no pueden enterarse ni de lejos de lo que sucede al minúsculo nivel de los electrones de sus átomos, por mucho que dependan de ello. ¿O sí?

## ¿QUÉ ES LA VIDA?

En 1944 Erwin Schrödinger, el del gato, publicó un ensayo de divulgación titulado *What is Life? (¿Qué es la vida?)*, basado en una serie de conferencias públicas que había pronunciado el año anterior en el Trinity College de Dublín. En su obra, Schrödinger ataba la relación entre química y biología, y por tanto entre física y biología, en una época en que aún no se conocía que la herencia genética residía en una sustancia ya conocida llamada ADN.

Aunque el austríaco [no fue el primero](#) en suponer que la información genética de los seres vivos debía de codificarse en enlaces químicos, sus ideas influyeron en la posterior investigación de la estructura del ADN por James Watson y Francis Crick. Pero Schrödinger hizo algo más: acuñó el término "teoría cuántica de la biología", refiriéndose al hecho de que las mutaciones son saltos en la herencia, del mismo modo que la energía de las partículas salta de un valor discreto a otro (está cuantizada). "El mecanismo de la herencia está estrechamente relacionado con, o mejor dicho, está fundado sobre, la misma base de la teoría cuántica", escribía el físico.

Con todo, Schrödinger se quedó corto: además de no extender su idea más allá de los genes, se centró únicamente en cómo la asimetría de las moléculas y sus múltiples formas podían servir para codificar toda la diversidad de la información genética. En cambio, negó expresamente que las transiciones en los átomos pudieran tener alguna influencia en la biología: "La indeterminación cuántica no juega ningún papel biológicamente relevante", escribió.





La fotosíntesis funciona gracias a la física cuántica / Frank Bättermann

A la biología cuántica aún le aguardaba una larga espera. Al menos, hasta 2007. Aquel año, un equipo de la Universidad de California en Berkeley dirigido por el físico Graham Fleming demostraba algo que otros científicos llevaban tiempo barruntando: la fotosíntesis, ese proceso cuasimágico por el que muchos organismos consiguen producir oxígeno a partir del dióxido de carbono, funciona gracias a la física cuántica.

Los investigadores aislaron los centros fotosintéticos de dos microbios, la bacteria verde del azufre *Chlorobium tepidum* y la bacteria púrpura *Rhodobacter sphaeroides*, y los bombardearon con pulsos láser para estudiar cómo la energía de los fotones se transfería desde los pigmentos que recogen la luz hasta el centro de reacción, donde se cuece esa química necesaria para la vida. Los mensajeros de esta transferencia son los electrones, que corren alimentados por esa poción mágica de la energía fotónica. Pero ¿cómo encuentran su camino entre el desorden molecular para evitar perderse y desperdiciar esa energía?

Fleming y su equipo descubrieron que lo hacen como ondas, no como partículas. De este modo, la onda se dispersa para encontrar el mejor camino sin tener que recorrerlos todos uno a uno. Y esta capacidad de estar en distintos lugares al mismo tiempo, o de tener dos estados incompatibles entre sí, es el privilegio de la física cuántica; por fin había nacido la biología cuántica.

## UN CAOS HÚMEDO Y CALIENTE

Pero no tan aprisa. Fleming y su equipo llevaron a cabo sus experimentos en condiciones típicas de la física cuántica; por ejemplo, por debajo de los 100 grados bajo cero. Y está claro que las bacterias no suelen vivir a esas temperaturas. Para un físico, una célula es la peor de sus pesadillas: caliente, húmeda, ruidosa y desordenada. En tan miserables condiciones es imposible que ninguna tarea importante pueda confiarse a la extrema levedad de los fenómenos cuánticos. "Muchos científicos creen que estos fenómenos son tan frágiles que sólo aparecen en sistemas muy simples, compuestos por muy pocas partículas y donde el ruido molecular se congela a temperaturas cercanas al cero absoluto", resume a EL ESPAÑOL el genetista molecular de la Universidad de Surrey (Reino Unido) [Johnjoe McFadden](#).

O al menos eso parecía, hasta que en 2010 [dosestudios](#) demostraron que lo dicho para la fotosíntesis en el frío glacial era válido también a temperatura ambiente. Pero, de hecho, éste no es el único sistema biológico en el que la física cuántica puede marcar las reglas, ni siquiera el primero en el que sospechó algo semejante: durante décadas, los biofísicos intuieron que las enzimas, esos mediadores que convencen a las

moléculas para que reaccionen, funcionan según un conocido mecanismo cuántico llamado efecto túnel que permite a una partícula, en este caso un protón, pasar de un estado a otro sin saltar la barrera de energía que los separa, excavando un túnel. En 1989 [se mostró por primera vez](#) el efecto túnel en las enzimas.

Con todo esto, parece que la biología cuántica debería ser ya un miembro de pleno derecho del club de las disciplinas científicas. Y sin embargo, ni sus propios patrocinadores se atreven a ir tan lejos. Regresando al chiste del comienzo, Nori aplica a la biología cuántica esa misma doble condición del gato vivo y muerto: "Es a la vez un campo excitante para estudiarlo con precaución en el futuro, y también en el que muchas cuestiones importantes aún no están demostradas".

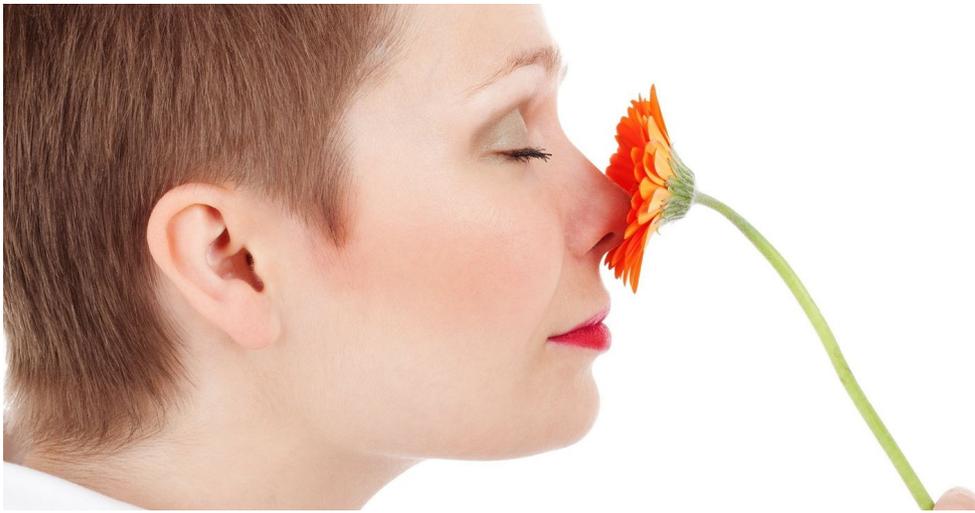
"Muchos científicos aún no están convencidos de que estos efectos requieran la mecánica cuántica para explicarse", apunta a EL ESPAÑOL el físico de la Universidad de Surrey [Jim Al-Khalili](#), coautor junto con McFadden del libro [Life on the Edge: The Coming of Age of Quantum Biology](#) (Bantam Press, 2014). El obstáculo esencial es esa diferencia de pulcritud entre los experimentos cuánticos y el aparente caos de una célula viva, que suscita el escepticismo de no pocos expertos. Para el físico de la Universidad de Viena Markus Arndt, este es "un rasgo de la ciencia de la vida, no tan limpia como los laboratorios de física o los tubos de ensayo de la química". "¿Pueden estas acciones sobrevivir en las escalas macroscópicas de tiempo y tamaño de los medios biológicos? Esta cuestión todavía está abierta", comenta Arndt a este diario.

## LA BRÚJULA DE LAS AVES

La escala temporal que menciona Arndt es uno de los factores que levantan las cejas de los físicos. Un posible ejemplo de biología cuántica muy de actualidad es el sistema que guía a las aves migratorias, basado en el fenómeno de [entrelazamiento cuántico](#). Según estudios en el petirrojo europeo, la luz dispara en la retina un par de electrones gemelos que responden al magnetismo terrestre, como la aguja de una brújula. Un [estudio reciente](#) ha prestado nuevo crédito a esta hipótesis. Pero un problema es que este entrelazamiento duraría unos pocos microsegundos. Para los físicos, esto es una eternidad jamás lograda ni de lejos en un laboratorio, y no digamos a una temperatura a la que el petirrojo no se convierta en un fósil congelado.

Sin embargo, el nuevo estudio no es experimental, sino una simulación por ordenador. "Todavía necesitamos pruebas experimentales de que la teoría es correcta", dice Al-Khalili. El obstáculo principal al que se enfrenta la biología cuántica es la dificultad de llevar sus predicciones al laboratorio. "Los experimentos adecuados para evaluar estas cuestiones son complicados y difíciles de interpretar", señala Nori. Otra pega es que los científicos aún se resisten a creer que estos mecanismos cuánticos en la biología tengan realmente un significado evolutivo; es decir, que existan porque los seres vivos han encontrado en la cuántica una ventaja aprovechable. "¿Por qué la naturaleza habría seleccionado estas superposiciones cuánticas? ¿Qué propósito tienen?", se pregunta Nori.





¿Un fino olfato cuántico? Hay muchas dudas./ EE | Pixbay (PD)

Los expertos no ven demasiado claro que las tecnologías actuales vayan a ofrecer respuestas "en muchos años o unas pocas décadas", estima Arndt. Y menos en casos todavía más aventurados y difíciles de testar: en 1996, el biofísico del University College de Londres Luca Turin lanzó una idea que trataba de dar respuesta a un enigma clásico de la biología del olfato: ¿Cómo puede nuestra nariz, con un repertorio grande pero limitado de receptores olfativos, detectar [más de un billón de olores](#)? La audaz [hipótesis de Turin](#) es que los receptores son capaces de distinguir las vibraciones de las moléculas de olor mediante un mecanismo de efecto túnel, lo que ampliaría la gama olfativa. Sin embargo, la propuesta no ha ganado el aplauso general. "La mayoría de la literatura no apoya el modelo de Turin", dice Arndt.

En resumen, y pese a lo que afirman McFadden y Al-Khalili en el título de su libro, realmente no parece que la biología cuántica esté pasando a la madurez, sino sufriendo aún un larguísimo parto. Y eso que sus aplicaciones podrían ser provechosas, más allá de responder a la pregunta de Schrödinger. Por ejemplo, dominar el efecto cuántico de la fotosíntesis permitiría diseñar células solares más eficientes. Los dos autores subrayan que la manipulación a nanoescala abriría la puerta a logros como la creación de nanorrobots que depositen un fármaco en la célula que lo necesita.

Y cómo no, también está el futuro de los ordenadores cuánticos: lo que hace el electrón en la fotosíntesis no es otra cosa que computar la mejor solución a un problema sin tener que realizar las operaciones una por una. La naturaleza ya sabe cómo hacerlo. Curiosamente, Arndt sugiere que los ordenadores cuánticos, a su vez, generarían modelos detallados que darían una respuesta definitiva a las incógnitas sobre biología cuántica.

Por algo la ventaja de los ordenadores cuánticos es que son extremadamente potentes. Si no fuera porque aún no funcionan.



ESCRIBIR COMENTARIO

MECÁNICA  
EN FÍSICA, CUÁNTICA,  
ORDENADORES

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA, CENTROS DE INVESTIGACIÓN, ESTADOS UNIDOS,