

# Los premios Nobel científicos de 2016

Manuel Béjar Gallego

Cátedra Ciencia, Tecnología y Religión  
Universidad Pontificia Comillas (Madrid)  
E-mail: mbejar@recuerdo.net

“Para el mayor provecho de la humanidad”. Estas son las palabras sobre la firma de Alfred Nobel que se muestran en el frontispicio de la página *web* principal de los premio Nobel. En el presente año, siete han sido los galardonados en el ámbito de la física, de la química y de la medicina. Puede intuirse que la temática propia de los investigadores premiados es muy variopinta, habida cuenta de tan diversos campos de estudio. Sin embargo, en esta edición aparece como factor común el reconocimiento a descubrimientos de fenómenos físicos, químicos y biológicos, que acontecen en el mundo microscópico. Nos referimos a los extraños comportamientos cuánticos de la materia física a muy bajas temperaturas, las exóticas funciones resultantes del acoplamiento de átomos unidos por enlaces químico-mecánicos y los extraordinarios mecanismos biológicos que permiten a la célula formalizar un legado ordenado

de sus constituyentes antes de su destrucción final. Con estos descubrimientos, toda la complejidad del mundo de lo pequeño se torna cada vez más difícil de explicar en un marco epistemológico clásico y demanda un nuevo encuadre acorde con los fundamentos cuánticos de la materia.

## 1. Avances en la comprensión de la materia y el desarrollo de nuevos materiales

La materia no deja de sorprendernos con impactantes nuevas propiedades que resultan de su actividad física. Atrás quedaron las ideas clásicas de los atomistas griegos que defendían la existencia de unidades mínimas indivisibles de materia. La física de finales del XIX y muy especialmente la física cuántica del XX han profundizado hacia el interior de los átomos descubriendo todo un universo microscópico de partículas

y complejas interacciones. Pues bien, más recientemente los físicos han comprobado que estos átomos pueden expresar novedosos comportamientos colectivos cuando se reúnen en grandes cantidades. La dinámica de estos condensados de la materia representa uno de los campos más vibrantes de la física actual.

Las interacciones físicas entre una población numerosa de átomos sitúa a la materia en nuevos estados colectivos con comportamientos bien distintos al de los átomos individuales. Esta interactividad holista es incomprensible desde los presupuestos de una física clásica determinista, que entiende la materia como un aglomerado de átomos y partículas acoplados mediante fuerzas mecánicas. La realidad se impone y exige modificar los esquemas clásicos. El comportamiento holístico observado solo puede explicarse desde el paradigma de la física cuántica. Sus planteamientos pueden ser difíciles de aceptar porque desafían el sentido común –tradicionalmente fraguado en el paradigma clásico–; pero sirven para construir una teoría cuántica de la materia que se ajusta con extraordinaria precisión a los resultados experimentales.

Los efectos cuánticos de la materia pasan ordinariamente desapercibidos por el movimiento caótico de los átomos. Su energía térmica revuelve el sistema atómico en todas direcciones de un modo completamente aleatorio. Sin embargo, es posible reducir sustancialmente este ruido térmico enfriando el sistema hasta los límites permitidos por la física. Cerca del cero absoluto el frío es extremo y los átomos congelan su comportamiento individualizado para formar parte de un todo que se comporta de un modo poco esperado. Al silenciar el ruido térmico los fenómenos cuánticos se hacen notar y la materia asume un nuevo comportamiento que los físicos describen como una transición de fase.

Todos sabemos que al enfriar suficientemente el agua se transforma en hielo. Y quizás recordemos haber estudiado que este cambio supone una transición clásica de la materia desde la fase líquida a la sólida. Pues bien, las transiciones de fases a temperaturas extremadamente bajas son de una naturaleza muy distinta, que implica la integración de las propiedades cuánticas de la materia. Se trata de transiciones de fase topológicas, mucho más exóticas y complejas, que hacen posible sentir la naturaleza cuántica de la materia.

Thouless, Haldane y Kosterlitz han sido reconocidos con el premio Nobel de física por sus apor-

taciones al desarrollo de las transiciones de fase topológicas y su utilidad para describir el comportamiento cuántico de colecciones de átomos a muy bajas temperaturas<sup>1</sup>. Los tres han empleado conceptos matemáticos de la topología en sus descubrimientos. La topología se centra en las propiedades inalteradas de los objetos que sufren deformaciones. Por ejemplo, siempre podemos clasificar los objetos por el número de sus agujeros: una taza de café siempre presenta un hueco, la moldura de unas gafas posee dos huecos, un *bretzel* de pastelería cuenta con tres huecos y un balón de reglamento carece de huecos. El hecho de que el número de agujeros sea un número entero resulta de interés en física cuántica para describir magnitudes con valores cuantizados, que resultan ser múltiplos de constantes físicas.

La aplicación de herramientas topológicas en ciencia se ha convertido en un campo de investigación muy activo en la física, especialmente en las transiciones de fase topológicas. A temperaturas extremadamente bajas algunos materiales experimentan la emergencia de vórtices en diferentes posiciones, que permanecen

acoplados formando parejas hasta que la temperatura alcanza un valor crítico y repentinamente se desacoplan y operan autónomamente. Este contraste de comportamientos en torno a la temperatura crítica supone la existencia de una transición de fase topológica. Es una transición de fase por el cambio en la actividad física del material. Y es topológica porque la materia empieza a comportarse de un modo holístico que no puede detectarse sino atendiendo a un todo, que los físicos denominan fluido cuántico topológico. Curiosamente no pueden conocerse todos los huecos de un objeto si centramos la atención solo en una parte constituyente de la taza, de la moldura...

## 2. Diseño y síntesis de máquinas moleculares

La física ha descubierto nuevas fases de la materia. La química se proyecta ahora al diseño y construcción de moléculas que probablemente nunca hubieran existido de no ser por la creatividad y el conocimiento humano. Sauvage, Sir Stoddart y Feringa celebran este año su premio Nobel en química por hacer realidad la síntesis de máquinas moleculares.

---

<sup>1</sup> Véase: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/physics/laureates/2016/advanced.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/2016/advanced.html).

Los manuales de química recogen que genéricamente las moléculas se forman por enlaces covalentes mediante electrones compartidos. Desde hace más de 30 años los químicos pueden dirigir las moléculas mediante luz y engarzarlas alrededor de un átomo con carga eléctrica. Al igual que el electrón con las moléculas, estos átomos cargados actúan como un centro de atracción que cohesiona al grupo de moléculas. Resulta sorprendente cómo se mantiene la cohesión molecular, incluso cuando se retira el átomo atractor. Se entiende entonces que las moléculas quedan acopladas por ligaduras mecánicas, formando interesantes topologías químicas: cateńarias, anillos, lazos, etc.

Lo que empezó siendo una curiosidad química se ha convertido hoy en una potente ingeniería de nanomateriales capaz de construir máquinas moleculares que operan bajo el control de los investigadores. En la actualidad se consigue tener un completo control de los movimientos de algunas de estas molécula-máquinas. Sin duda este avance supone un importante hito en el dominio de la materia. Al igual que los transistores de los años cincuenta del siglo pasado o los modernos chips, se espera que las máquinas moleculares puedan revolucionar la tecnología infor-

mática con nuevos y más potentes computadores. Las ciencias de la química han abierto una interesante investigación hacia la miniaturización de máquinas y robots nanométricos cuya aplicabilidad tecnológica promete ser de gran provecho. Ahora bien, ¿cómo funciona todo esto?

Al igual que en física, el caos térmico silencia los fenómenos cuánticos de las moléculas químicas. Normalmente los movimientos de los sistemas químicos están gobernados por el azar y sus moléculas siguen movimientos aleatorios. Decimos que todo es un compendio de oportunismo y casualidades. Entre tanto caos es posible encontrar patrones estadísticos. En promedio las moléculas giran tanto en un sentido como en el opuesto. Sin embargo, Faringa ha hecho realidad el diseño de una máquina molecular que gira a voluntad del investigador. Semejante control del mundo nanométrico ha permitido que se creen nanorobots capaces de unir aminoácidos formando polipéptidos<sup>2</sup>. Es decir, estos nanorobots pueden operar con las moléculas de la vida y especialmente con algunos constituyentes epigenéticos del ADN.

---

<sup>2</sup> Véase: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/chemistry/laureates/2016/advanced.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/chemistry/laureates/2016/advanced.html).

Aquí se abre un inmenso horizonte que se proyecta ya hacia el mundo biológico.

### 3. Mecanismos para la autofagia celular

El premio Nobel de Medicina se ha concedido en exclusividad a Yoshinori Ohsumi por sus avances en la comprensión de los mecanismos celulares para la autofagia. En principio, no deja de ser un estudio acerca de cómo las nanomáquinas biológicas operan en el interior celular para deshacer proteínas dañadas y orgánulos inservibles. Existen unas vesículas (autofagosomas) que sirven de transporte de biomoléculas en el interior celular hacia los lisosomas, donde se inicia el proceso de degradación del contenido vesicular. Finalmente el autofagosoma termina siendo absorbido por el lisosoma.

Ohsumi pensó que si se ralentizara el proceso de degradación en el interior del lisosoma, necesariamente se produciría tal acumulación de autofagosomas que se volverían visibles al microscopio. Para llevar sus ideas a la práctica cultivó en el laboratorio un tipo mutado de levadura que carecía de las enzimas encargadas de la degradación. De este modo se

trunca el proceso natural de los lisosomas. Además, estimuló la formación de autofagosomas en las células eliminando cualquier acceso a nutrientes. Bajo estrés alimenticio la célula pronto sentiría la falta de los elementos necesarios para su correcto funcionamiento e iniciaría un proceso acelerado de degradación para tomarlos prestados de otras biomoléculas ya existentes. En consecuencia, unas pocas horas después se produjo una gran acumulación de autofagosomas visible al microscopio. Se había comprobado experimentalmente que existen autofagosomas en células de levadura.

Estudios posteriores del profesor Ohsumi han permitido identificar los genes involucrados en el proceso de autofagia<sup>3</sup>. Al inactivarse estos genes se paraliza la autofagia celular. Pero, el avance experimental es aún más profundo. Se ha descubierto la colección de complejos proteicos que han de activarse en cadena, para ejecutar fase a fase el proceso de transporte: desde su formación hasta su absorción en el lisosoma. Quizás lo más relevante en esta investigación biológica es la existencia de

---

<sup>3</sup> Véase: [http://www.nobelprize.org/nobel\\_prizes/medicine/laureates/2016/advanced.html](http://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2016/advanced.html).

idénticos mecanismos presentes en las células humanas.

En conclusión, la autofagia es un proceso de control importante en el correcto desarrollo de las funciones fisiológicas, pues en el interior celular constantemente se están *reciclando* elementos de unas biomoléculas para sintetizar otras nuevas. Este proceso es crucial bajo situaciones de estrés, en el caso de infecciones para que la célula logre deshacerse de virus o bacterias e, incluso, en la epigenética durante la diferenciación celular embrionaria. Existen evidencias médicas que relacionan fallos epigenéticos y genéticos en el proceso de autofagia con la aparición de enfermedades neurodegenerativas como el Parkinson, la diabetes tipo 2 o el cáncer.

\* \* \* \*

En síntesis, las investigaciones de los premiados son indicativas de una nueva frontera en el conocimiento; donde la física, la química y la biología dejan de entenderse al modo clásico y apuntan a una nueva comprensión del macrocosmos a partir de fenómenos emergentes (transiciones topológicas, geometrías químicas, epigenética de la especialización celular embrionaria) tan relevantes en la moderna ciencia como incomprensibles desde la metodología reduccionista clásica. Cada vez más las ciencias se abren a un nuevo paradigma, bastante consolidado ya, de extraordinarias realidades cuánticas. Difícil de entender, pero imposible de postergar sin renunciar a las evidencias experimentales. ■