

Los investigadores David Sánchez y Jong Soo Lim del Instituto de Física Interdisciplinaria y Sistemas Complejos (CSIC-UIB). /ALBERTO VERA

# El magnetismo del electrón

**>Física/** Un grupo de la UIB acaba de publicar un trabajo sobre las propiedades del ruido cuántico, una investigación teórica que ayudará en la fabricación de los dispositivos nanoelectrónicos del futuro. **Elena Soto**

¿Había oído hablar alguna vez de la espintrónica? Pues quédese con el palabro porque viene para quedarse. De hecho, aunque la mayoría de nosotros nunca lo hayamos escuchado, algunas de sus aplicaciones ya forman parte de numerosos objetos de uso cotidiano y se prevé que en el futuro esta tecnología revolucionará áreas como la computación, las comunicaciones o los nuevos materiales. La revista

*Science* considera a la espintrónica como uno de los diez hechos científicos más relevantes en la actualidad.

La palabra es un neologismo derivado de los conceptos de 'espín' (del inglés 'girar') y 'electrónica' y se refiere a una propiedad física de las partículas subatómicas, por la que toda partícula elemental tiene un momento angular intrínseco de valor fijo. Y es que los electrones no solo tienen car-

ga y masa, también tienen espín.

Como sucede con otros conceptos de mecánica cuántica es imposible de visualizar y muy difícil de explicar, pero para hacernos una mínima idea podríamos imaginarnos al electrón como una esfera rotando que tuviera un diminuto imán en el que su espín fuera el equivalente a la aguja de una brújula apuntando hacia arriba o hacia abajo para representar su estado (*spin up* o

*spin down*). Lo más interesante es que esta propiedad cuántica ha resultado ser muy útil y ha comenzado a abrir nuevos campos de prometedoras aplicaciones, acercándonos incluso a la tan buscada computación cuántica. Hay quien aventura que esta tecnología emergente acabará sustituyendo a la electrónica actual tal y como la conocemos.

El concepto que rige a la espintrónica es totalmente distinto al

de la electrónica tradicional. En los aparatos convencionales la información se almacena y transmite por el movimiento de los electrones; en la espintrónica, además de por este movimiento, la información se codifica manipulando una propiedad cuántica del electrón, su espín. Si en la era de la electrónica el elemento central es la carga de estas partículas subatómicas en la de la espintrónica será el espín. **SIGUIEN PÁGINA 2**



**VIENE DE PORTADA** Esta propiedad cuántica de los electrones se conoce desde los años 20 del pasado siglo, pero hasta finales de la década de los 80 no comienzan a buscarse aplicaciones, entre otras razones porque el espín electrónico mediante campos eléctricos no se podía manipular y, además, se tenía que ir a sistemas nanométricos de escala muy pequeña para poder acceder.

En 1988 Albert Fert y Peter Gruenberg (Premios Nobeles de Física del año 2007) descubren un nuevo efecto electrónico llamado la magnetorresistencia gigante (GMR) y poco tiempo después comenzaron a aparecer las primeras aplicaciones basadas en este sistema –en el 97, IBM sacaba al mercado el primer dispositivo lector de discos–. Y es que detrás de la miniaturización de los discos duros, que ha hecho posible la fabricación de ordenadores cada vez más pequeños o de la tecnología de los lectores de música compactos, aun-

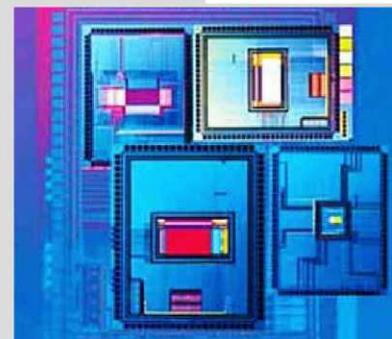
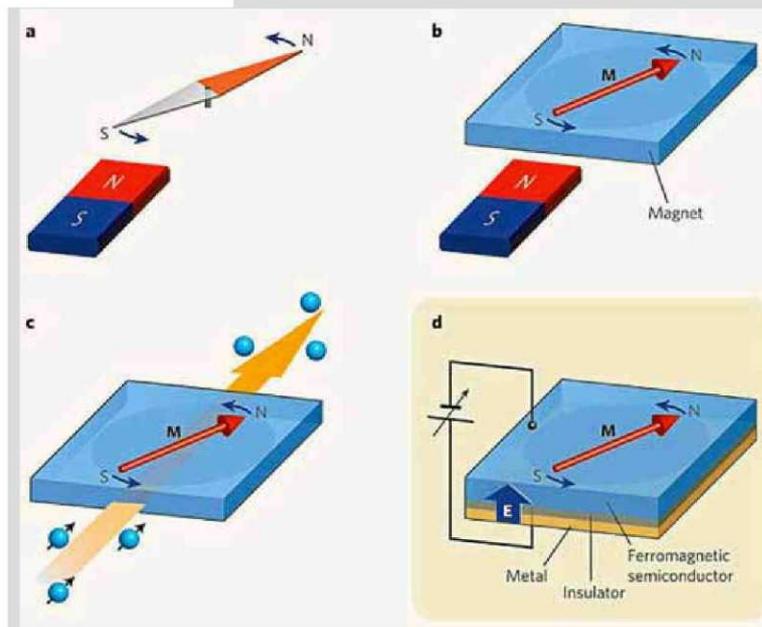
**Con esta tecnología** se han podido fabricar ordenadores cada vez más pequeños

que no lo sepamos, está la espintrónica o magnetoelectrónica que utiliza el momento angular (espín) del electrón y manipula su orientación.

El transporte de carga en sistemas de tamaño nanométrico ha generado un gran interés debido a que un conocimiento profundo de sus propiedades es la clave para la fabricación de los futuros transistores de la próxima era tecnológica, basada en la nanotecnología. Por este motivo en los últimos años la caracterización de la estadística de los eventos del transporte de carga en estos sistemas ha sido objeto de numerosos estudios.

En este contexto se enmarca el último trabajo de los investigadores David Sánchez, Rosa López y Jong Soo Lim del Instituto de Física Interdisciplinaria y Sistemas Complejos (CSIC-UIB) publicado recientemente en la revista *Physical Review Letters* y en el que abordan cuestiones fundamentales sobre las fluctuaciones de corriente en dispositi-

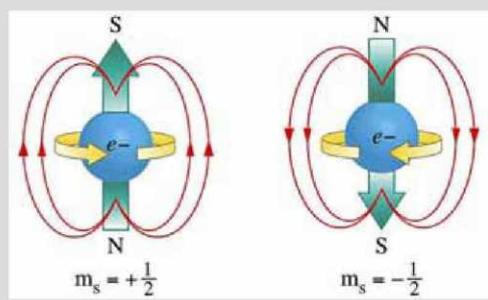
**ESPINTRÓNICA, MANIPULANDO EL ESPIN DE LOS ELECTRONES**



**Magnetismo.** A la izquierda esquema de la manipulación del magnetismo. En (a) cuando se aplica un campo magnético el imán gira a alinean con el campo. En (b), la magnetización en el imán se puede girar aplicando un campo magnético externo. En (c), la dirección de magnetización en el imán se cambia mediante la aplicación de una corriente de giro polarizado. En (d), puede verse el efecto experimentalmente con un semiconductor ferromagnético, A la derecha, chips de matriz.



**Aplicación.** A la izquierda, disco duro de ordenador, uno de los primeros dispositivos que empleó la tecnología espintrónica. A la derecha electrones con dos estados de espín, representados por las flechas hacia arriba y hacia abajo. El espín es una propiedad intrínseca del electrón, no afecta ni a su energía ni a su orbital.



vos nanoelectrónicos.

«En este tipo de sistemas de tamaño nanométrico, además de conocer la corriente eléctrica que los atraviesa es importante también saber cómo son las fluctuaciones de esa corriente», explica David Sánchez, «Esto se debe a que son muy pequeños y cualquier mínima perturbación hace que la corriente fluctúe mucho. Por eso interesa, tanto desde el punto de vista fundamental como del aplicado, describir en detalle como son las fluctuaciones, que se denominan ruido, y conocer cuáles son sus propiedades». «De ruido de carga se sabe mu-

cho, existen numerosas investigaciones», añade «pero del ruido de espines muy poco. Y justamente nuestra contribución ha sido establecer una conexión, profundizando un poco más en el conocimiento de las fluctuaciones de corriente debido al espín en nanodispositivos electrónicos».

«El ruido en los sistemas clásicos es algo molesto, un obstáculo para recibir la señal, pero a escala cuántica no estorba, aporta información adicional. Gracias a él se puede conocer más sobre el sistema (correlaciones o regímenes de transporte, entre otras cosas). Como los es-

pinos, el ruido cuántico es algo intrínseco, no viene de fuera y proviene de las fluctuaciones cuánticas del sistema.

En el artículo *Fluctuation relations for Spintronics* estos investigadores han demostrado que el ruido de espines está conectado con la conductancia magnética no lineal, y han ilustrado su hallazgo aplicando las ecuaciones correspondientes a un material muy novedoso que recibe el nombre de 'aislante topológico', cuyas propiedades únicas le hacen muy atractivo en futuros desarrollos dentro del campo de la espintrónica.

Parece claro que para aprovechar las posibilidades del electrón hay que profundizar en el conocimiento de esta pequeña partícula. Se intuye, por las aplicaciones ya existentes, que tendrá un impacto radical en los dispositivos de almacenamiento masivo, como las memorias RAM de ordenadores, los teléfonos móviles y todo tipo de dispositivos digitales aumentando su velocidad, reduciendo su tamaño y mejorando considerablemente su eficiencia energética. Pero queda mucho camino por recorrer y estamos todavía en los primeros pasos de la espintrónica.