

# MEMORIA AZUL

## De los pigmentos a los discos duros

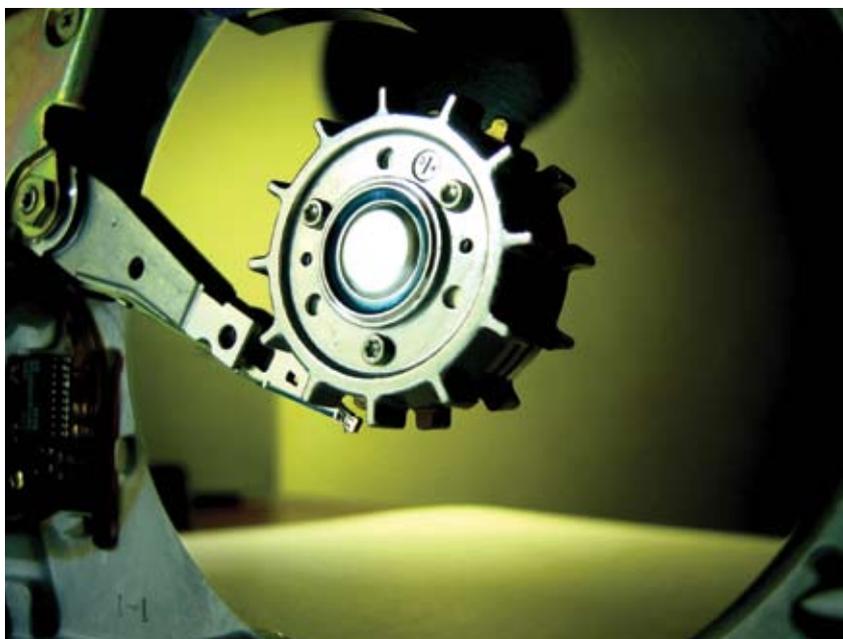
Un capitán del ejército prusiano se prueba su nueva chaqueta. Le entalla a la perfección. Poco se imagina, mientras se mira atentamente al espejo, que el pigmento que da ese característico color azul oscuro a su nueva prenda podría llegar a revolucionar el mundo de la electrónica unos 200 años más tarde.

Por **Luis Carlos PARDO/Munich**, doctor en Ciencias Físicas por la UPC  
luis.carlos.pardo@upc.edu

Además de servir para tinter las chaquetas del ejército prusiano, y ser un potente antídoto contra la intoxicación por metales pesados, el azul de Prusia tiene unas propiedades magnéticas que lo pueden hacer muy interesante para desarrollar una nueva tecnología de almacenamiento de información. De todos modos, antes de explicar cómo este pigmento puede permitir crear discos duros del tamaño de una cabeza de aguja, tenemos que entender cómo se produce el magnetismo en los materiales, y cómo se utiliza en los dispositivos actuales (ver también "VídeoPopular" 122 y 123).

### MEJOR SOLO

Todos los soportes magnéticos para almacenar información que existen a día de hoy se basan en cubrir una superficie con un material magnético. Para grabar datos en estos discos, necesitamos que un grupo de átomos, de un tamaño mucho más grande que el de uno aislado, se orienten en una dirección determinada. Codificar la información implica, por tanto, cambiar la orientación de la magnetización en el disco, cosa que es especialmente fácil en formato digital, pues sólo necesitaremos dos orientaciones para describir "ceros y unos", es decir, bits. El problema de dichos soportes es que, para mantenerse orientados, los átomos necesitan estar en compañía, formando lo que se llaman dominios magnéticos. Si dichos dominios son ex-



Los soportes magnéticos emplean las propiedades de sus materiales para almacenar bits

cesivamente pequeños, la temperatura, que no es más que las vibraciones de los átomos, los puede desordenar, con la consiguiente pérdida de información. De hecho, lo ideal sería poder orientar átomos o moléculas uno a uno: de esta manera podríamos almacenar mucha más información en un espacio muy pequeño... Y aquí entra en escena la chaqueta azul de nuestro capitán prusiano.

### LA NUBE ELECTRÓNICA

Las moléculas gigantes del azul de Prusia están compuestas por siete átomos de hierro, unidos por 18 cadenas de áto-

mos de carbono y nitrógeno (llamados grupos *cianidos*, de ahí el nombre de *cianuro*). En esta molécula, los átomos de hierro tienen propiedades magnéticas, mientras que las cadenas de *cianidos*, llamadas *ligandos*, se usan para unir los átomos de hierro. De hecho, el secreto de las propiedades que hacen tan interesante al azul de Prusia está guardado en estos *ligandos*: cambiando la longitud y la composición química de las cadenas, es posible cambiar a voluntad la interacción magnética entre los átomos de hierro. De esta manera, se puede conseguir que queden o no magnetizados según el efecto de algún parámetro externo como

la luz o la temperatura. Pero, para entender mejor este efecto, necesitamos bajar a un nivel microscópico.

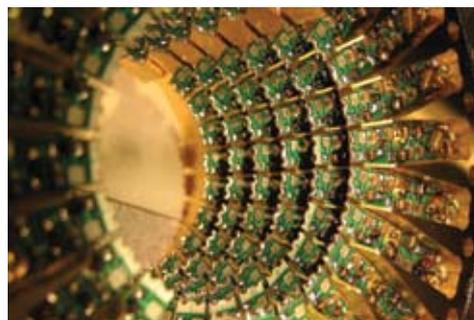
Un átomo está compuesto de más o menos electrones, que podemos imaginar girando alrededor del núcleo y de su propio eje. Al giro alrededor del núcleo se le llama orbital, y determina las propiedades químicas del material, y a la rotación se le llama *spin* (ver "VídeoPopular" 126) y determina sus propiedades magnéticas. Por ejemplo, un átomo como el de hierro tiene 26 electrones, cada uno girando con una energía diferente, creando un complicado conjunto de orbitales. Las propiedades magnéticas del hierro vienen determinadas por el número de electrones en los orbitales más alejados del núcleo: si éstos se encuentran de dos en dos en cada orbital, se dice que están apareados, sus *spines* se anulan y el material no presenta

“ Los imanes moleculares son posibles gracias a las órbitas que describen los electrones

propiedades magnéticas. En cambio si en los últimos orbitales los electrones se encuentran solos (uno por orbital), como es el caso del hierro, se dice que están desapareados, y entonces existe un *spin* neto que se traduce en que el material presenta propiedades magnéticas. Todo se complica aún más cuando juntamos dos átomos. Los electrones se combinan para dar nuevas propiedades

## ORDENADORES CUÁNTICOS

En un ordenador cuántico, los cálculos, en vez de hacerse bit por bit, es posible realizarlos con todos los bits al mismo tiempo. A este nuevo tipo de bits se les llama Qbits (la "q" procede del inglés "quantum"). Una de las ideas para desarrollar este tipo de ordenadores es utilizar imanes moleculares, lo que permitiría tener ordenadores infinitamente más rápidos y pequeños.



magnéticas al material, y eso es precisamente lo que controlamos con los *ligandos* entre los átomos de hierro: la compleja estructura de orbitales.

### IMANES DE COLORES

La historia de este nuevo tipo de materiales magnéticos es muy reciente: el primer imán molecular fue descubierto como tal en la Universidad de Florencia, en 1991. Desde entonces, se ha mejorado la estructura de estas moléculas, al investigar con qué ligandos podemos conseguir materiales con dos estados magnéticos posibles a temperatura ambiente: uno con los *spines* desapareados, y otro con los *spines* apareados. De esta manera, según la molécula esté en un estado magnético u otro, podría guardar "ceros y unos" disminuyendo 100 veces la superficie de un disco duro, que podría llegar a ser de 1 mm. Pero las extraordinarias propiedades de estos compuestos no acaban aquí. Resulta

que su estructura electrónica determina además su color, de manera que los imanes moleculares no sólo pueden revolucionar el mundo de los discos duros, sino también el de las pantallas, pudiendo llegar a tener en un futuro una resolución a nivel atómico. De todos modos, aunque ya existen algunos prototipos, por ejemplo en el Instituto de Química y de Materia Condensada de Burdeos, aún falta mucho para poder ver nuestra serie favorita en nuestro reloj de muñeca usando esta tecnología.

Los imanes moleculares son posibles sólo gracias a una comprensión del magnetismo en la materia, producido por las órbitas complejas que describen los electrones alrededor de los átomos. A fin de poder utilizarlos para aplicaciones en el mundo audiovisual, debemos entender cómo estas órbitas cambian cuando conectamos dos átomos a través de los ligandos... Pienso mientras paseo por el castillo de Sanssouci, en Berlín, antigua residencia de los reyes prusianos ■



El azul de Prusia no sólo tiene unas propiedades moleculares sorprendentes, sino que además es un color muy apreciado por los pintores