

El caso de la superfluidez del ^3He introduce una complejidad adicional. Para empezar, ahora no hay red cristalina. Además, la fuerte repulsión electrostática entre los núcleos impide que los dos miembros de un par estén muy próximos. Por ello, el momento angular orbital del par no puede ser nulo sino que tiene que ser al menos un estado p con $l=1$. Esto significa que la función de onda espacial del par ya no tiene simetría esférica sino que existe una dirección privilegiada. Tenemos así un líquido anisótropo, algo similar a lo que sucede con los cristales líquidos. La función de onda espacial es entonces antisimétrica y, dado que la función de onda total del par también debe serlo (por tratarse de fermiones), la función de onda de espín debe ser simétrica, lo que corresponde a un estado triplete con $S=1$ y $S_z=-1, 0, +1$. Así, los tres estados del triplete pueden dar lugar a distintas fases dentro del helio superfluido.

Tenemos así dos vectores asociados a cada par y dos tipos de simetría distintos, una asociada al momento orbital y la otra asociada al espín. (En presencia de campo magnético existe una simetría gauge adicional). El parámetro de orden ya no es un simple escalar complejo. Leggett descubrió que en este caso el parámetro de orden era un tensor con 18 componentes. Ahora las simetrías pueden romperse de muchas maneras. La ruptura de simetría de espín, por ejemplo, puede favorecer a uno u otro de los estados del triplete, lo que da lugar a fases con distintas propiedades magnéticas y con distintas respuestas a los campos magnéticos externos. Precisamente esta variedad de fases y mecanismos de ruptura de simetría ha hecho que las transiciones en el ^3He sirvan de modelo para estudiar posibles transiciones de fase en el universo primitivo.

J. Javier García Sanz
Dpto. de Física Fundamental

Premios Nobel en Fisiología y Medicina 2003

PAUL LAUTERBUR Y PETER MANSFIELD. LA IMAGEN POR RESONANCIA MAGNÉTICA

La Imagen por Resonancia Magnética (IRM) es una de las técnicas de diagnóstico clínico más poderosas de la actualidad. Sus descubridores, el Profesor estadounidense **Paul Lauterbur** y el Profesor británico **Sir Peter Mansfield** han sido galardonados con el Premio Nobel en Fisiología y Medicina en el pasado año 2003.

El Profesor **Paul C. Lauterbur** nació el 6 de mayo de 1929 en Sidney, Ohio, Estados Unidos. En 1951, se licenció en Química en el Instituto Case de Tecnología de Cleveland. En 1962 presentó su Tesis Doctoral en Química en la Universidad de Pittsburg, Pennsylvania. Desde 1969 a 1985 ejerció su docencia como catedrático de Química y Radiología en la Universidad de Stony Brook en Nueva York. En 1985 se trasladó a la Facultad de Medicina de Chicago de la Universidad de Illinois, como Catedrático y Director del Laboratorio de Resonancia Magnética Biomédica, institución en la cual desarrolla su labor en la actualidad.

Sir Peter Mansfield nació en Gran Bretaña el 9 de octubre de

1933. En 1959 se licenció en Física en el Queen Mary College de la Universidad de Londres. En 1962 presentó su Tesis Doctoral en Física en la Universidad de Londres. Durante los años 1962 a 1964 se trasladó al Departamento de Física de la Universidad de Illinois para realizar investigación postdoctoral como Investigador Asociado. En 1964 consiguió una posición de Profesor Titular (Lecturer) en el Departamento de Físicas de la Universidad de Nottingham y en 1968 fue nombrado Profesor Agregado (Senior Lecturer). Durante los años 1972 a 1973 se trasladó como profesor visitante al Instituto Max Plank de Investigación Médica en Heidelberg, Alemania. En 1979 obtiene la Cátedra de Física en el Departamento de Físicas de la Universidad de Nottingham, en el cual desarrolla su labor en la actualidad.

Desde que en 1946 Felix Bloch y Edward Purcell, reconocidos con el Premio Nobel en Física en 1952, publicaron el descubrimiento de la Resonancia Magnética (RMN), esta técnica ha avanzado enormemente empleándose no sólo en los campos de Física y la Química, sino en multitud de disciplinas que pueden abarcar desde la Arqueología hasta la Medicina. De manera paralela al firme y gran avance de la espectroscopía de RMN, se desarrolló una nueva técnica de diagnóstico clínico, la imagen por Resonancia Magnética ó IRM. En este sentido, Paul



Figura 1. Profesor Paul C. Lauterbur (izquierda) y Sir Peter Mansfield (derecha), Premios Nobel en Fisiología y Medicina en 2003.

Lauterbur publicó en 1973 la primera IRM.

El Profesor Lauterbur describió el hecho de que al aplicar un gradiente magnético a un objeto, cada núcleo del mismo responde con una frecuencia de resonancia característica que viene determinada por su posición. En estas condiciones el espectro de RMN obtenido después de una excitación no selectiva, es la proyección unidimensional (1D) de la densidad nuclear a lo largo de la dirección del gradiente. Aplicando el gradiente en una serie de direcciones, obtuvo una serie de proyecciones, a partir de las cuales, pudo reconstruir una imagen bidimensional (2D) de RMN de hidrógeno. Este procedimiento se denominó *proyección-reconstrucción* y se basaba en los procedimientos de reconstrucción de imágenes desarrollados para la Tomografía Axial Computerizada (TAC) de rayos X. Este método de obtención de imágenes 2D fue reemplazado poco después por el método de imágenes 2D de Fourier, desarrollado por el Profesor Richard Ernst, Premio Nobel en Química en 1991, con el cual se podían generar de manera más rápida y sensible imágenes bidimensionales de una sección o corte determinado de un objeto. Esta técnica permitía superar algunos artefactos inherentes a la reconstrucción de proyecciones

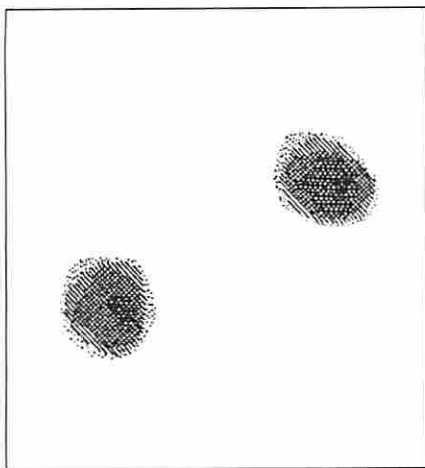


Figura 2. Primera IRM. La imagen corresponde a un corte transversal a través de dos tubos de agua. P. C. Lauterbur, *Nature*, 1973, 242, 190.



Figura 4. Gordon Research Conference. Magnetic Resonance in Biology and Medicine. New Hampshire 1990. Segunda fila, extremo izdo. Prof. Lauterbur. Segunda fila, tercero por la dcha. Dr. Francisco Chapa Gabriel, Becario Predoctoral de la UNED 1990-93.

y llegó a ser la forma más frecuentemente utilizada de todas las empleadas para la obtención de imágenes de RMN.

El Profesor Mansfield ha sido reconocido por sus contribuciones a las técnicas de selección de sección y de imaginería ultrarrápida, que han permitido llevar el descubrimiento de la IRM al estado de desarrollo actual. Peter Mansfield descubrió que era posible seleccionar

un corte a través de un objeto combinando la aplicación de un gradiente magnético y un pulso selectivo de radiofrecuencia. Variando la frecuencia del pulso y su duración, describió que era posible seleccionar diferentes secciones del objeto y variar su grosor, algo que hoy se emplea rutinariamente en todas las exploraciones de IRM. Mediante la utilización de este método el Prof. Mansfield describió en 1977 la primera imagen humana de un dedo.

Sir Peter Mansfield describió también el procedimiento de imagen eco-planar (IEP) que permite obtener muy rápidamente una imagen completa de IRM a partir de un único eco. Este procedimiento, codifica la imagen mediante cambios muy rápidos de tres gradientes ortogonales y es capaz de generar imágenes IRM en milisegundos. La imagen eco-planar es la más utilizada en los exámenes de imagen funcional IRM (fIRM), un procedimiento, propuesto en 1991 por los Prof. Kamil Ugurbyl y Seiji Ogawa de la Universidad de Minnesota, aun por reconocer por la Academia Sueca. La fMRI permite obtener imágenes de la activación cerebral sensorial o motora y ha permitido que la IRM moderna traspase una nueva barrera, llegando hasta la

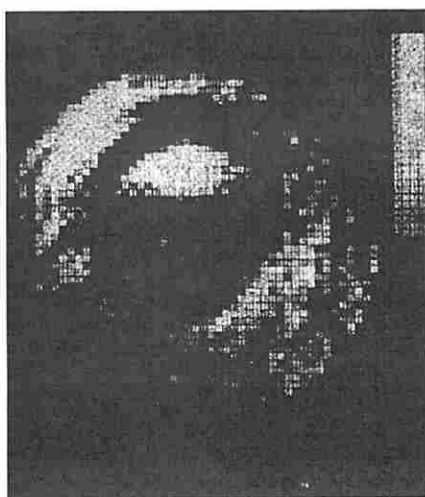


Figura 3. Primera IRM humana. La imagen corresponde a un corte transversal a través de un dedo. P. Mansfield, A. A. Maudsley, *British Journal of Radiology*, 1977, 50, 188.

psicobiología y permitiendo el estudio de las funciones cerebrales de orden superior.

La labor de Paul Lauterbur y Meter Manfield ha sido seguida por numerosos investigadores de todo el mundo y también en nuestra Universidad. Como un recuerdo nostálgico que ahora cobra un valor especial, la Figura 4 muestra los asistentes a la Gordon Conference de Resonancia Magnética de 1990. En ella se puede distinguir al Prof. Lauterbur y al Dr. Francisco Chapa Gabriel, primer becario de la UNED en hacer su Tesis Doctoral en Resonancia Magnética Biomédica.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Bloch, F.; Hansen, W. W.; Packard, M.E. *Phys. Rev.* **1946**, *69*, 127.
- [2] Purcell, E. M.; Torrey, H. C.; Pound, R. V. *Phys. Rev.* **1946**, *69*, 37.
- [3] Lauterbur, P. C. *Nature*, **1973**, *242*, 190.
- [4] Kumar, A.; Welti, D.; Ernst, R. R. *J. Magn. Resn.* **1975**, *18*, 69.
- [5] Mansfield, P. J. *Phys. C: Solid State Phys.* **1977**, *10*, 155.

**Pilar López Larrubia y
Paloma Ballesteros García**

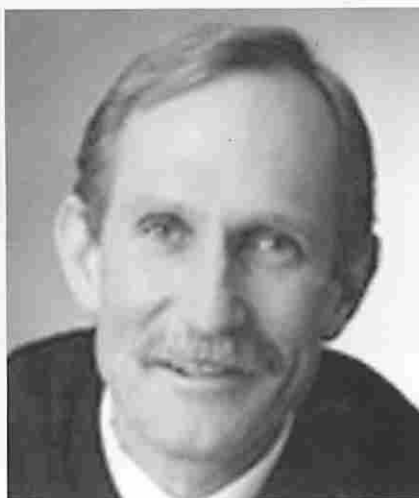
*Dpto. de Química Orgánica y Biología
Sebastián Cerdán García-Esteller
Laboratorio de Imagen y Espectroscopía por Resonancia Magnética*

Premios Nobel en Química 2003

PETER AGRE Y RODERICK MACKINNON. PROTEÍNAS DE TRANSPORTE DE IONES Y AGUA EN LA MEMBRANA DE LAS CÉLULAS

El Premio Nobel de Química de 2003 ha sido compartido por dos científicos que han realizado una importante contribución para entender, a nivel químico, el funcionamiento de la membrana de la célula y, en concreto, de las proteínas canal que regulan el paso del agua y de los iones.

Peter Agre (1949) es profesor de Química Biológica en la Escuela de Medicina de la Universidad Johns Hopkins en Baltimore. Su grupo de investigación descubrió las proteínas de membrana responsables del transporte de agua, aislando la primera de ellas, a la que denominaron acuaporina (1991).



Roderick MacKinnon (1956) es profesor de Neurobiología Molecular y Biofísica y trabaja en el Instituto Médico Howard Hughes de la Rockefeller University en Nueva York. Su grupo investiga los canales de iones y descubrió la estructura química y el mecanismo de funcionamiento de la proteína canal de potasio K^+ (1998).



Los descubrimientos de Agre y MacKinnon son fundamentales para entender el transporte a través de la membrana de las células. La membrana controla el contenido interno de la célula y la comunicación con el

exterior, ya que regula el paso de moléculas y detecta las señales y situaciones del entorno. Todas las membranas están formadas por una doble capa de fosfolípidos, que constituyen una barrera protectora y aislante para las células, prácticamente impermeable al agua, a los iones y a cualquier otra molécula polar. Las proteínas, embutidas en esta membrana, realizan las labores finas y selectivas de discriminar lo que entra y sale de la célula. Agre y MacKinnon han descubierto la existencia de una fantástica familia de proteínas que funcionan como máquinas moleculares a modo de canales, con compuertas o válvulas, en las membranas. Si para todas las células estas funciones son importantes, resultan críticas en el caso de la comunicación entre neuronas, la contracción muscular, la función cardíaca y la reabsorción en los riñones. Las implicaciones futuras de sus descubrimientos son de gran relevancia en el campo médico, ya que se conocen bastantes enfermedades cuya patología es consecuencia de un incorrecto funcionamiento de los canales de agua y de iones. Conocer cómo son y cómo funcionan constituye el primer paso para poder desarrollar nuevos medicamentos y vías alternativas de curación.

LOS CANALES DE AGUA

La existencia de canales que mediaran la entrada de agua y otros pequeños solutos en la célula fue postulada a finales del siglo XIX. Sin embargo, el concepto de canales específicos para el agua era muy controvertido. A lo largo de los años, los datos experimentales apoyaban la existencia de un filtro muy selectivo, que permitía que el flujo de H_2O neutra alcanzara las 10^9 moléculas por segundo, mientras que impedía la entrada de agua protonada (H_3O^+). De no ser así cambiaría el pH de la célula. Además, no todas las células tenían el mismo comportamiento con respecto a la permeabilidad al agua. A pesar de las numerosas pruebas sobre su existencia, los intentos para aislar o identificar moléculas o estructuras