

EVOLUCIÓN DE LAS TÉCNICAS DE NEUROIMAGEN

Almudena Capilla (Área de Psicobiología)

Los últimos 50 años han visto nacer a las principales técnicas de Neuroimagen, que han revolucionado nuestro conocimiento sobre el funcionamiento del cerebro humano por su capacidad para observarlo en vivo. Las técnicas de Neuroimagen nos permiten estudiar la anatomía y la función cerebral. Cada una se caracteriza por registrar una determinada magnitud, por ejemplo, distribución de los átomos de hidrógeno en el caso de la imagen por Resonancia Magnética (RM) anatómica o nivel de oxigenación de la sangre en el caso de la RM funcional, consumo de glucosa en la Tomografía por Emisión de Positrones (PET), o actividad eléctrica o magnética cerebral en el caso de la Electro- y la Magnetoencefalografía (EEG/MEG). Mediante procedimientos de análisis los neurocientíficos pueden convertir estas magnitudes numéricas en imágenes para, de esta manera, visualizar cómo es y cómo se comporta el cerebro. Por su extensivo uso y bajo nivel de invasividad, en este poster nos centraremos en la RM y el EEG/MEG.

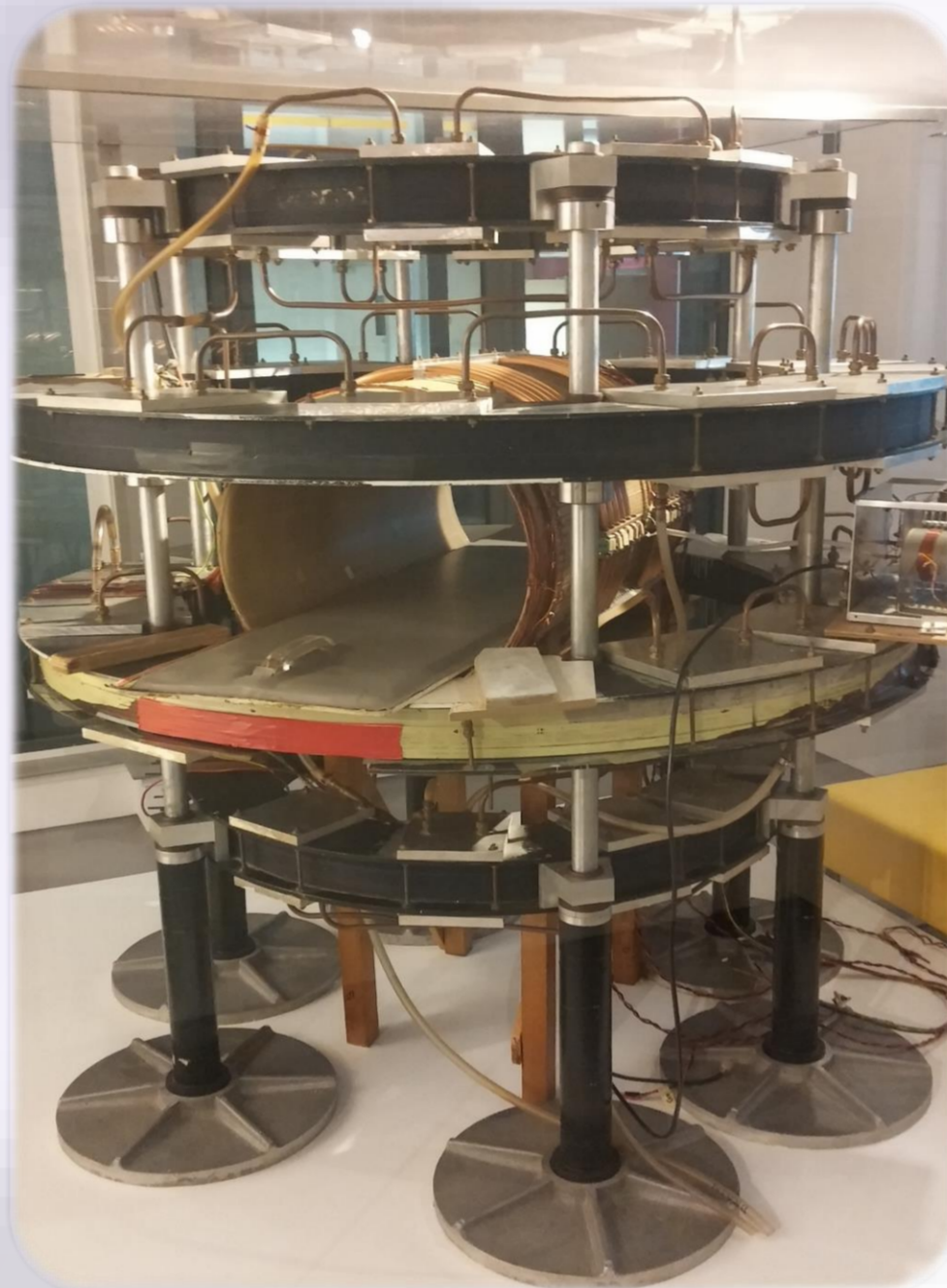
RESONANCIA MAGNÉTICA

En 1973, Paul Lauterbur empleó gradientes de campo magnético para generar la primera imagen por RM, que publicó en la prestigiosa revista Nature [1]. Unos años después, Peter Mansfield desarrolló la adquisición eco-planar (EPI, *echo-planar imaging*), lo que permitía obtener imágenes de mayor calidad y con mucha más rapidez [2]. En 2003 ambos fueron galardonados con el Premio Nobel de Fisiología o Medicina por la invención de la técnica de imagen por RM.



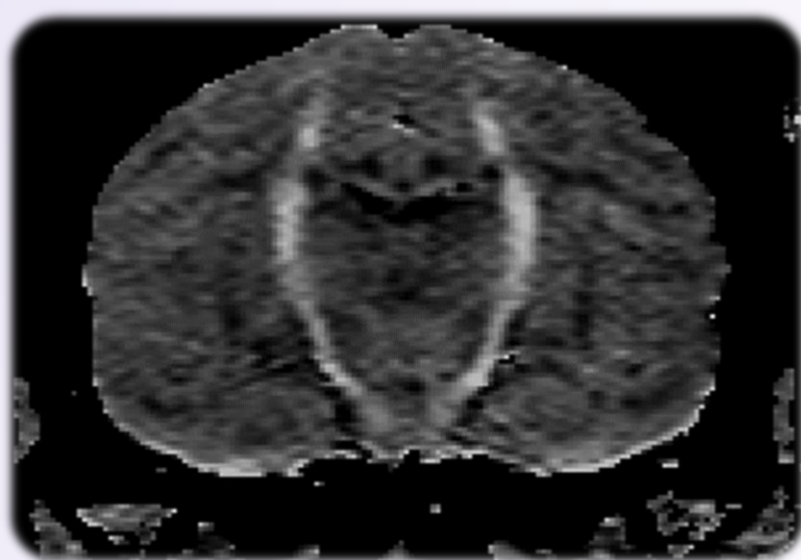
Peter Mansfield (izquierda) y Paul Lauterbur (derecha)
<https://edition.cnn.com/2013/05/14/health/lifework-gallery-less-famous/index.html>

Primer escáner de RM de cuerpo completo
By AndyGaskell - Own work, CC BY-SA 4.0,
https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AMRI_Scanner_Mark_One.jpg

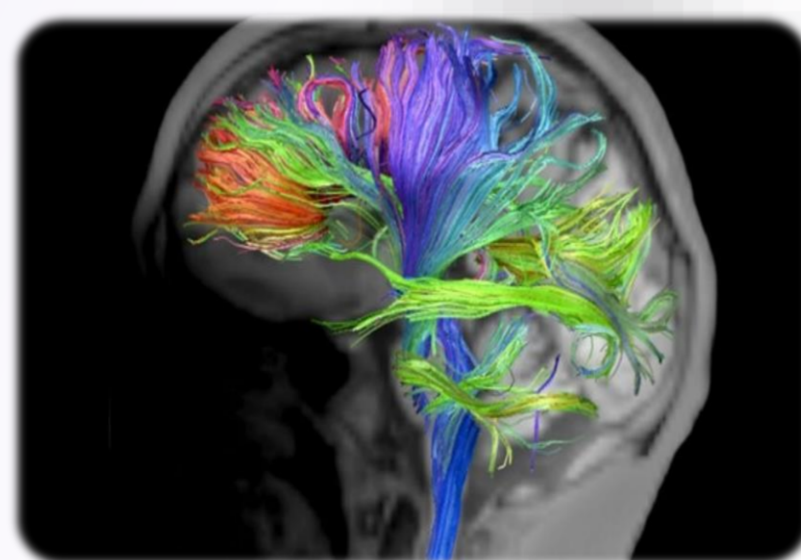


Durante los años 70, John Mallard y su equipo de la Universidad de Aberdeen construyeron el primer escáner de RM de cuerpo completo, conocido como Mark One. En 1980 realizaron la primera imagen por RM clínica de un paciente, en la que identificaron un tumor primario en el pecho y cáncer secundario en los huesos. A lo largo de los años 80, el Mark One se empleó para estudiar a más de 1000 pacientes, además de usarse con fines investigadores. Desde 2016 se encuentra expuesto en el hospital universitario Aberdeen Royal Infirmary en Escocia [3].

En los últimos años, la calidad de las imágenes obtenidas por medio de RM ha experimentado grandes avances. Esto se ha debido a la mejora tanto de los equipos de RM como de los métodos de análisis. Sirva como ejemplo la evolución de las imágenes que emplean la técnica de difusión por RM para identificar tractos o fascículos cerebrales. En la imagen de la izquierda se muestra la primera imagen de un tracto cerebral realizada por Todd Richards y sus colaboradores. En la imagen de la derecha se muestra una reconstrucción tridimensional de los fascículos cerebrales empleando la tecnología actual.



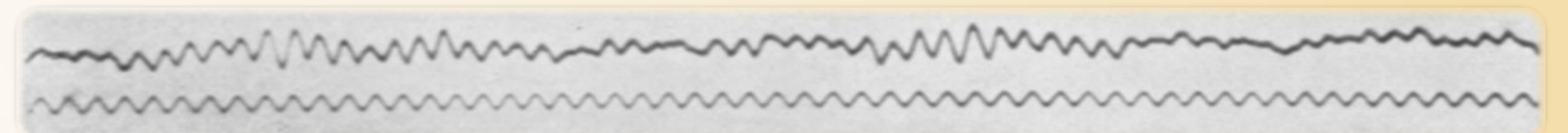
Primera imagen por RM de un tracto cerebral [4]



Tractografía actual
<https://www.linkedin.com/pulse/dwi-using-resolve-technique-christos-tsiotsios>

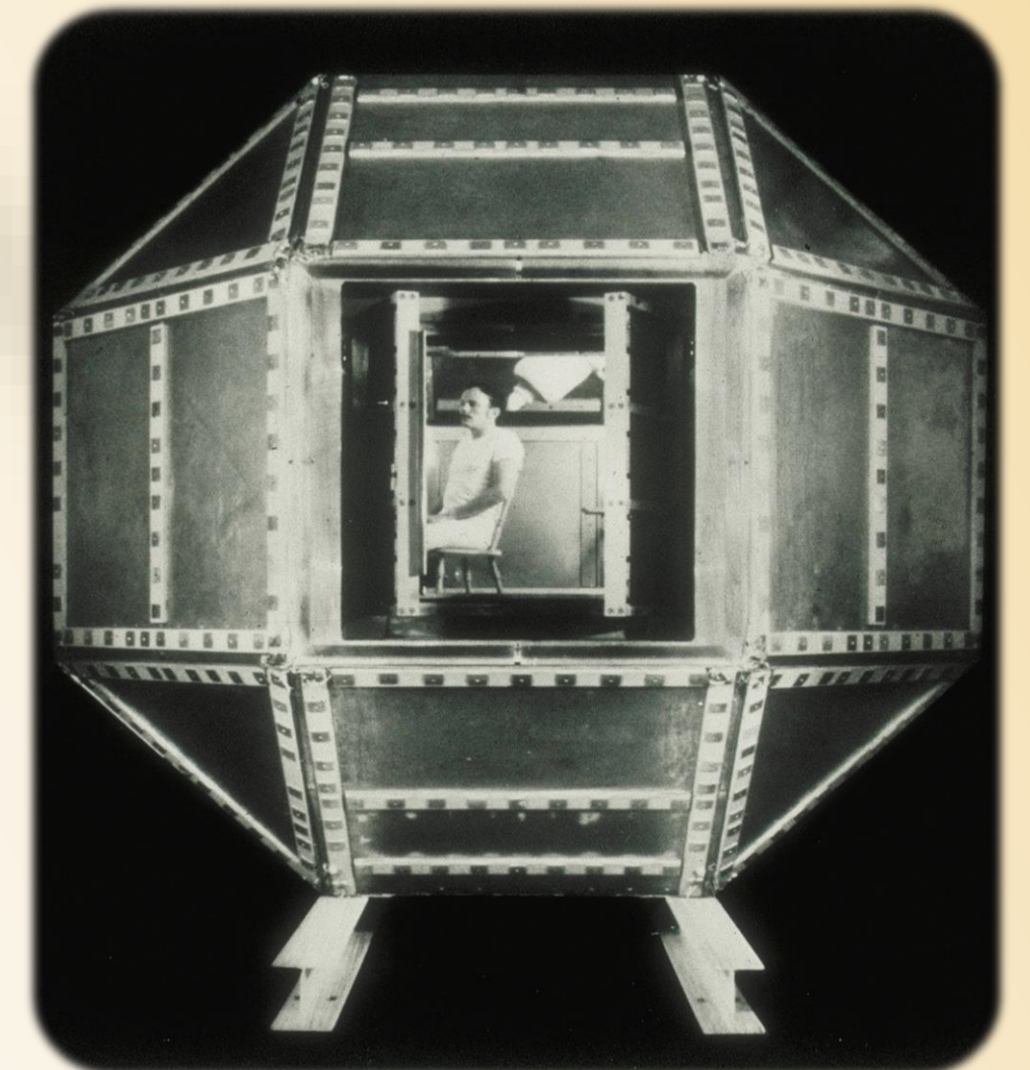
ELECTRO- Y MAGNETOENCEFALOGRAFÍA

El EEG es la técnica de Neuroimagen más antigua. Su descubrimiento se remonta a 1924, cuando Hans Berger registró por primera vez actividad eléctrica cerebral empleando electrodos; hallazgo que publicó en 1929 [5]. En esta primera publicación Berger mostró ya un registro del ritmo cerebral dominante: el ritmo alfa, caracterizado por tener una frecuencia de oscilación de aproximadamente 10 Hz.

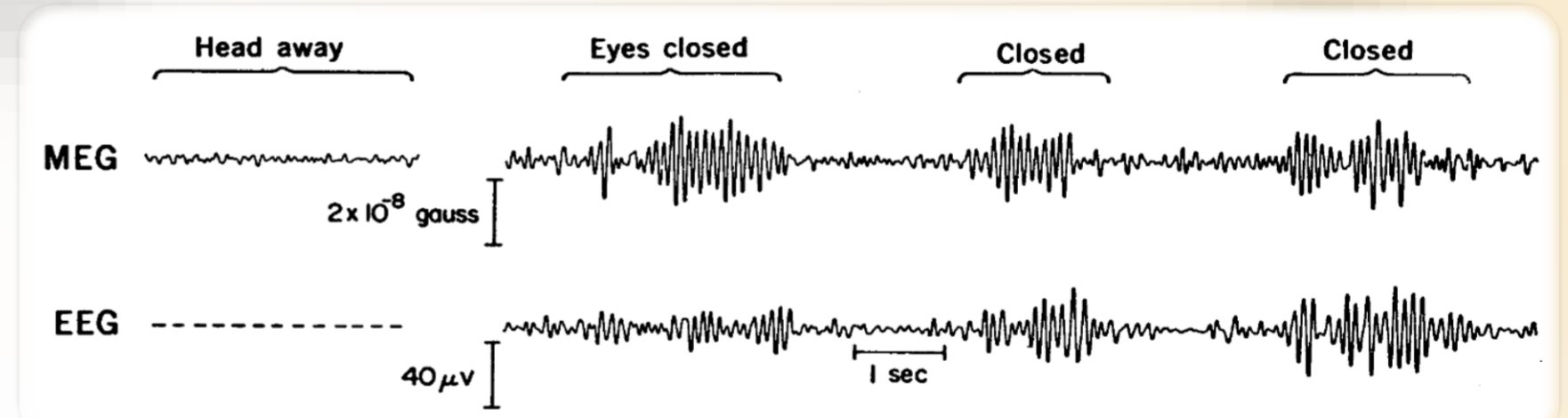


Ritmo alfa registrado por Berger (fila superior). En la fila inferior se muestra una oscilación de 10 Hz como referencia [5]

Hace exactamente 50 años, en 1968, David Cohen registró la primera señal magnética proveniente del cerebro, aunque de muy baja calidad debido al ruido magnético ambiental [6]. Unos años después Cohen volvió a intentarlo, esta vez dentro de una cámara con cinco capas de aislamiento y empleando un detector SQUID (*superconducting quantum interference device*), que acababa de ser desarrollado por James Zimmerman. En 1972 publicó en la revista Science el primer registro de actividad magnética cerebral realizado con un magnetómetro superconductor [7]. Cohen realizó además un registro simultáneo con EEG, demostrando que el ritmo alfa se puede observar con ambas técnicas.



Cámara aislada de ruido magnético construida por David Cohen en el Massachusetts Institute of Technology (MIT)
<http://news.mit.edu/2010/mcgovern-institute-magnetoencephalography>

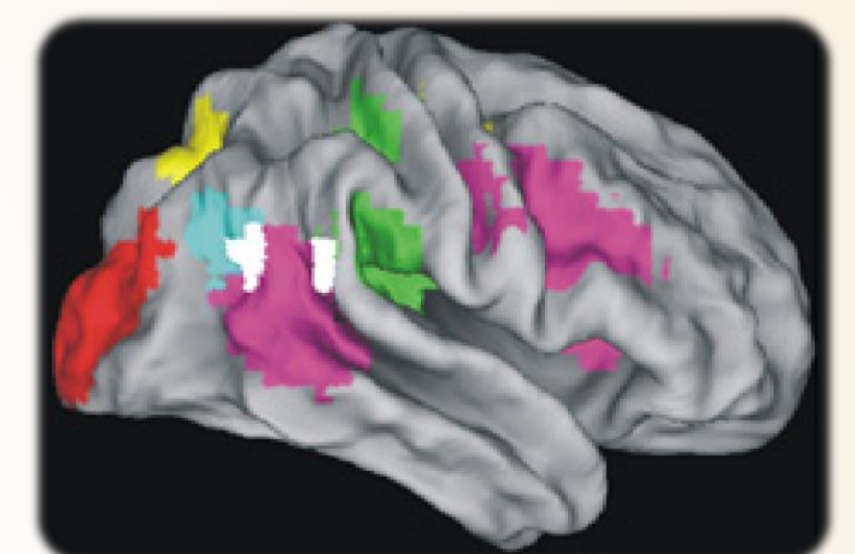


Primer registro simultáneo de EEG y MEG en el que se muestra la reactividad del ritmo alfa a la apertura de los ojos [7]

La calidad de la información proporcionada por la MEG también ha experimentado una enorme evolución en las últimas décadas. A principios de los años 90 se empezó a superponer la localización de las fuentes de actividad magnética cerebral con la imagen de la anatomía cerebral obtenida con RM (imagen de la izquierda). En la actualidad podemos descubrir redes cerebrales, es decir, áreas cerebrales distantes que se comunican entre sí estudiando el grado de sincronización de sus oscilaciones cerebrales (imagen de la derecha).



Estudio pionero en el que se superponía la imagen por RM con la actividad magnética evocada por un estímulo auditivo [8]



Redes cerebrales halladas con MEG. Por ejemplo, en rojo se muestra la red visual y en rosa la red atencional ventral [9]

[1] Lauterbur, P. C. (1973). Image formation by induced local interactions. *Nature*, 242(5394), 190-191.

[2] Mansfield, P. (1977). Multi-planar image formation using NMR spin echoes. *J Phys C: Solid State Phys*, 10(3):L55.

[3] <https://uoamuseums.wordpress.com/2016/05/31/worlds-first-whole-body-mri-scanner-now-on-display-in-university-of-aberdeen/>

[4] Filler, A. (2009). Magnetic resonance neurography and diffusion tensor imaging: origins, history, and clinical impact of the first 50 000 cases with an assessment of efficacy and utility in a prospective 5000-patient study group. *Neurosurgery*, 65(suppl_4), A29-A43.

[5] Berger, H. (1929). Über das elektroencephalogramm des menschen. *Archiv für psychiatrie und nervenkrankheiten*, 87(1), 527-570.

[6] Cohen, D. (1968). Magnetoencephalography: evidence of magnetic fields produced by alpha-rhythm currents. *Science*, 161(3843), 784-786.

[7] Cohen, D. (1972). Magnetoencephalography: detection of the brain's electrical activity with a superconducting magnetometer. *Science*, 175(4022), 664-666.

[8] Hämäläinen, M. (1991). Anatomical correlates for magnetoencephalography: integration with magnetic resonance images. *Clinical Physics and Physiological Measurement*, 12(A), 29.

[9] de Pasquale, F., Della Penna, S., Snyder, A. Z., Marzetti, L., Pizzella, V., Romani, G. L., & Corbetta, M. (2012). A cortical core for dynamic integration of functional networks in the resting human brain. *Neuron*, 74(4), 753-764.