



Universidad
Pontificia
de Salamanca

GUÍA DOCENTE 2026-2027

NEUROIMAGEN ESTRUCTURAL Y FUNCIONAL (MRI, FMRI Y TÉCNICAS AVANZADAS)

Máster de Formación Permanente en Cartografía Cerebral
Aplicada

Modalidad de la asignatura: Virtual

DATOS BÁSICOS

Tipología	Obligatoria
Modalidad de impartición	Virtual
Créditos	3 ECTS
Calendario	Del 26 de enero de 2027 al 18 de junio de 2027
Horario	Jueves, de 19:00 a 21:30h. Viernes, de 16:00 a 20:00h.
Idioma	Español
Profesor responsable	Rafael Rodríguez Rojas
E-mail	rrodriguez.hmcinac@hmhospitales.com
Tutorías	A convenir con cita previa por email
Otros profesores	

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA ASIGNATURA

La asignatura ofrece una introducción integrada a las principales técnicas de neuroimagen estructural y funcional, así como al estudio de la conectividad cerebral basada en imágenes. Se abordarán los fundamentos físicos de la MRI, la formación de la imagen y las principales secuencias de adquisición. Se estudiarán los procedimientos de segmentación, normalización y morfometría cerebral, incluyendo morfometría basada en voxels, superficies y deformaciones. Asimismo, se presentarán los fundamentos de fMRI y PET, su procesamiento y análisis estadístico, y su aplicación a la cartografía y conectividad funcional. La imagen de difusión, las métricas derivadas del DTI, la tractografía y la conectividad anatómica constituirán otro eje fundamental. Finalmente, se analizará la integración de la neuroimagen en neuronavegación, DBS y MRgFUS, con un enfoque aplicado, crítico y orientado a la práctica clínica y la investigación.

RESULTADOS DE APRENDIZAJE

R01. Comprender y aplicar los fundamentos de la neurociencia, la neuroanatomía y la neurofisiología necesarios para la evaluación e intervención neuroterapéutica..

R02. Interpretar signos, síntomas y manifestaciones psicopatológicas desde una perspectiva neuro-psicofisiológica y funcional del cerebro.

R08. Integrar información electrofisiológica con datos de neuroimagen y otras fuentes clínicas para una comprensión multimodal del funcionamiento cerebral.

CONTENIDOS

1. Resonancia magnética estructural y cartografía morfométrica

- 1.1. Introducción a la neuroimagen estructural
- 1.2. Fundamentos físicos de la resonancia magnética
- 1.3. Principales secuencias de adquisición.
- 1.4. Organización y representación de las imágenes cerebrales
- 1.5. Procesamiento de imágenes estructurales
- 1.6. Morfometría cerebral.
 - 1.6.1. Volumetría global y regional
 - 1.6.2. Morfometría basada en vóxeles (VBM)

1.6.3. Morfometría basada en superficies (SBM)

1.6.4. Morfometría basada en deformaciones (DBM)

1.7. Aplicaciones clínicas y de investigación

2. Neuroimagen funcional y molecular: fMRI, PET y cartografía cerebral funcional

2.1. Introducción a la cartografía cerebral funcional

2.2. Fundamentos de la resonancia magnética funcional

2.4. Procesamiento de datos de fMRI

2.5. Generación de mapas funcionales

2.6. Conectividad funcional

2.7. Fundamentos de las tomografías de emisión

2.8. Cartografía multimodal

2.8.1. Integración de MRI, fMRI y PET

2.8.2. Relación entre estructura, función y distribución molecular

2.9. Panorama de otras técnicas funcionales avanzadas

2.9.1. Perfusión mediante arterial spin labeling (ASL)

2.9.2. Espectroscopia por resonancia magnética (MRS)

2.9.3. Mapeo de reactividad cerebrovascular

2.9.4. fMRI en tiempo real y neurofeedback

3. Difusión, conectividad anatómica y neuroimagen aplicada a intervenciones

3.1. Fundamentos de la MRI de difusión

3.2. Procesamiento de imágenes de difusión

3.2.1. Corrección de movimiento, corrientes de Foucault y distorsiones

3.2.2. Tensor de difusión (DTI)

3.2.3. Métricas DTI y su relación con la microestructura tisular (FA, MD, AD y RD)

3.2.4. Modelos avanzados y resolución de fibras cruzadas

3.3. Tractografía

3.4. Conectividad estructural y conectómica

- 3.5. Aplicaciones clínicas de la tractografía
- 3.6. Neuronavegación y localización espacial
- 3.7. Neuroimagen aplicada a la neuromodulación y neurocirugía funcional
 - 3.7.1. Selección de dianas anatómicas y funcionales
 - 3.7.2. Targeting directo e indirecto
 - 3.7.3. Integración de MRI, tractografía y conectividad
 - 3.7.4. Planificación y evaluación de DBS
 - 3.7.5. Cartografía de la respuesta terapéutica: sweet spots y redes moduladas por DBS.
- 3.8. MRgFUS como ejemplo de intervención guiada por imagen
- 3.9. Cartografía cerebral multimodal personalizada

METODOLOGÍAS DOCENTES

Las metodologías docentes que se desarrollarán en las actividades formativas de esta asignatura serán:

- **Clase magistral:** exposición explicativa y demostrativa de los fundamentos, métodos de procesamiento y aplicaciones de la neuroimagen, con participación activa de los estudiantes mediante preguntas, discusión e interpretación guiada de imágenes y mapas cerebrales.
- **Aprendizaje basado en problemas clínicos:** resolución de problemas relacionados con la selección de técnicas de neuroimagen, la identificación de artefactos, la elección de estrategias de procesamiento y la interpretación de resultados para apoyar la toma de decisiones clínicas y de investigación.
- **Estudio de casos:** análisis detallado de casos clínicos y experimentales en los que se integren MRI estructural, fMRI, PET, imagen de difusión y tractografía para la caracterización cerebral y la planificación de intervenciones.

ACTIVIDADES FORMATIVAS

Las actividades formativas que se llevarán a cabo en esta asignatura serán:

- **Clases magistrales teóricas:** estudio de los fundamentos físicos de la neuroimagen estructural, funcional y de difusión, así como de los principales procedimientos de adquisición, procesamiento, análisis e interpretación de MRI, fMRI, PET y tractografía.

- **Análisis de casos clínicos:** análisis e interpretación de aplicaciones en investigación y práctica clínica que integren diferentes modalidades de neuroimagen y comprender su aplicación en el diagnóstico, la cartografía cerebral y la planificación de intervenciones como DBS y MRgFUS.
- **Seminarios prácticos:**
 - Visualización y análisis guiado de imágenes y mapas cerebrales, con demostraciones de procedimientos de segmentación, normalización, morfometría, conectividad, tractografía y neuronavegación.
 - Prácticas con software especializado: análisis, visualización e interpretación de mapas paramétricos de fMRI y PET. Reconstrucción y visualización de tractos cerebrales a partir de DTI.
- **Tutorías individuales y en grupo:** orientación, resolución de dudas, asesoramiento metodológico y retroalimentación sobre los contenidos y actividades desarrollados en la asignatura.

SISTEMAS DE EVALUACIÓN

Convocatoria ordinaria

La evaluación de la asignatura se realizará mediante evaluación continua y una prueba final de conocimientos. La calificación se distribuirá de la siguiente forma:

- **Prueba objetiva tipo test (70%):** evaluación de los conocimientos teóricos y metodológicos adquiridos durante la asignatura.
- **Evaluación continua (30%). Retos académicos:** resolución de ejercicios, análisis e interpretación de mapas paramétricos, y otras actividades propuestas por el profesorado a lo largo del curso. Estas actividades tendrán carácter acumulativo y permitirán valorar la adquisición progresiva de las competencias de la asignatura.

El profesorado podrá convocar al estudiante a una revisión o defensa de las actividades entregadas cuando lo considere necesario para garantizar su autoría.

Convocatoria extraordinaria

La evaluación seguirá el mismo sistema que en la convocatoria ordinaria, manteniendo la misma ponderación entre la prueba objetiva tipo test (70%) y las actividades prácticas y tareas (30%).

RECURSOS DE APRENDIZAJE Y APOYO TUTORIAL

- Huettel, S. A., Song, A. W. & McCarthy, G. (2014). *Functional Magnetic Resonance Imaging* (3^a ed.). Sinauer / Oxford University Press.
- Brown, R. W., Cheng, Y.-C. N., Haacke, E. M., Thompson, M. R. & Venkatesan, R. (2014). *Magnetic Resonance Imaging: Physical Principles and Sequence Design* (2^a ed.). Wiley-Blackwell.
- Poldrack, R. A., Mumford, J. A. & Nichols, T. E. (2011). *Handbook of Functional MRI Data Analysis*. Cambridge University Press.
- Jones, D. K. (Ed.) (2010). *Diffusion MRI: Theory, Methods, and Applications*. Oxford University Press.
- Ashburner, J. & Friston, K. J. (2000). Voxel-based morphometry — the methods. *NeuroImage*, 11(6), 805–821.
- Fischl, B. (2012). FreeSurfer. *NeuroImage*, 62(2), 774–781.
- Logothetis, N. K. (2008). What we can do and what we cannot do with fMRI. *Nature*, 453, 869–878.
- Power, J. D., Barnes, K. A., Snyder, A. Z., Schlaggar, B. L. & Petersen, S. E. (2012). Spurious but systematic correlations in functional connectivity MRI networks arise from subject motion. *NeuroImage*, 59(3), 2142–2154.
- Jones, D. K., Knösche, T. R. & Turner, R. (2013). White matter integrity, fiber count, and other fallacies: the do's and don'ts of diffusion MRI. *NeuroImage*, 73, 239–254.
- Maier-Hein, K. H. et al. (2017). The challenge of mapping the human connectome based on diffusion tractography. *Nature Communications*, 8, 1349.
- Dukart, J. et al. (2021). JuSpace: a tool for spatial correlation analyses of magnetic resonance imaging data with nuclear imaging derived neurotransmitter maps. *Human Brain Mapping*, 42(3), 555–566.
- Sitaram, R. et al. (2017). Closed-loop brain training: the science of neurofeedback. *Nature Reviews Neuroscience*, 18(2), 86–100.
- Horn, A. & Kühn, A. A. (2015). Lead-DBS: a toolbox for deep brain stimulation electrode localizations and visualizations. *NeuroImage*, 107, 127–135. [y Horn, A. et al. (2019). Lead-DBS v2: towards a comprehensive pipeline for deep brain stimulation imaging. *NeuroImage*, 184, 293–316]
- Horn, A. et al. (2017). Connectivity predicts deep brain stimulation outcome in Parkinson disease. *Annals of Neurology*, 82(1), 67–78.

- Elias, W. J. et al. (2016). A randomized trial of focused ultrasound thalamotomy for essential tremor. *New England Journal of Medicine*, 375(8), 730–739.

Software, estándares y datos abiertos:

- SPM (<https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/>),
- FSL (<https://fsl.fmrib.ox.ac.uk>),
- FreeSurfer (<https://surfer.nmr.mgh.harvard.edu>),
- MRtrix3 (<https://www.mrtrix.org>),
- 3D Slicer (<https://www.slicer.org>),
- Lead-DBS (<https://www.lead-dbs.org>),
- nilearn (<https://nilearn.github.io>),
- Human Connectome Project (<https://db.humanconnectome.org>),
- OpenNeuro (<https://openneuro.org>),
- Neurosynth (<https://neurosynth.org>);
- Nichols, T. E. et al. (2017). Best practices in data analysis and sharing in neuroimaging using MRI. *Nature Neuroscience*, 20(3), 299–303.

BREVE CV DEL PROFESORADO

Rafael Rodríguez Rojas. Investigador principal en el Centro Integral de Neurociencias (CINAC, Madrid). PhD en Neurociencias (suma cum laude, premio extraordinario de tesis). BSc en Física y MSc en Física Médica. Profesor asociado (2 sexenios). Más de 20 años de experiencia en docencia de pre y postgrado. Más de 100 publicaciones en revistas indexadas (Índice H= 31, con más de 3500 citas)