



MÁSTER

METODOLOGÍA DE LAS CIENCIAS DEL COMPORTAMIENTO Y DE LA SALUD

ANÁLISIS DE NEUROIMAGENES

Curso 2024-25

Primer cuatrimestre

Número de créditos: 6

Tipo de asignatura: Optativa

Modalidad: *presencial*



Profesores: Sergio Escorial y Jesús Privado
Universidad Complutense

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la neuroimagen se ha convertido en el método de investigación dominante para estudiar las relaciones estructura-función del cerebro in-vivo. Bajo la denominación de neuroimagen coexisten un conjunto de técnicas –algunas de las cuales tienen una larga tradición como el EEG mientras que otras son mucho más actuales como la MEG- que en último término persiguen informar acerca de las propiedades estructurales y/o funcionales del cerebro, y que han permitido la acumular un valioso conocimiento sobre los procesos cognitivos y los trastornos.

La asignatura de **Análisis de Neuroimágenes** está concebida para proporcionar a los estudiantes una panorámica general de estos procedimientos, así como las habilidades básicas de carácter teórico y práctico que les capaciten para iniciarse en el manejo de las principales herramientas informáticas para el análisis de datos de imagen cerebral.

También se aludirá a los aspectos problemáticos que afectan hoy en día a estos procedimientos como el problema de que las observaciones en puntos cercanos del cerebro carecen de la independencia que requieren los test estadísticos clásicos. Ante estos problemas se expondrán las principales soluciones en uso basadas en la teoría de campos aleatorios y en permutaciones aleatorias.

Por otra parte se presentarán las principales características y requisitos de los diferentes diseños de investigación que son específicos de los estudios de neurociencia, lo que conducirá al estudiante a valorar y seleccionar metodologías apropiadas y actualizadas en este ámbito. Se presentarán las oportunidades que brindan las principales bases de datos de neuroimagen en abierto (HCP, ENIGMA, UK Biobank, etc.) haciendo también hincapié en sus limitaciones y riesgos.

Finalmente, la asignatura de **Análisis de Neuroimágenes** tiene vínculos estrechos con otras asignaturas del postgrado de Metodología de las Ciencias del Comportamiento y de la Salud; como por ejemplo Métodos Informáticos, en la que se proporcionan habilidades para manejar herramientas informáticas que permiten el análisis de grandes conjuntos de datos.

2. BREVE DESCRIPTOR

Técnicas de neuroimagen. Pre-procesamiento, procesamiento y análisis de imágenes. Herramientas de análisis de imagen cerebral. Principales indicadores neuroanatómicos para materia gris y materia blanca. Problema de independencia en las medidas cerebrales adyacentes y principales soluciones. Diseños experimentales en estudios de neurociencia. Aplicaciones de la neuroimagen a la comprensión de procesos y trastornos.

3. OBJETIVOS

Un estudiante que supere la asignatura **Análisis de Neuroimágenes** debe estar capacitado para:

1. Conocer las características de los principales procedimientos y técnicas para la adquisición de imágenes y su aplicación en Neurociencia.
2. Comprender y saber ejecutar la metodología adecuadamente en las fases de pre-procesamiento y procesamiento de imágenes cerebrales.
3. Conocer las técnicas de análisis de neuroimagen más empleadas e introducirse en las herramientas informáticas que permiten su implementación (SPM, SurfStat, Freesurfer, DTIStudio....)
4. Conocer los problemas y limitaciones asociados a las técnicas de neuroimagen y sus potenciales soluciones.
5. Saber interpretar adecuadamente los resultados obtenidos en los análisis de imágenes cerebrales.
6. Conocer las características y posibilidades que brindan algunas de las principales bases de datos de neuroimagen en abierto: HCP, ENIGMA, UK Biobank, etc.
7. Distinguir y manejar en los principales diseños (experimentales y no experimentales) empleados en neuroimagen.

4. COMPETENCIAS

Las *competencias* que son objetivo de esta materia son las siguientes:

Competencias generales:

- CG1 - Tomar conciencia de la importancia de la metodología en la adquisición del conocimiento científico, así como de la diversidad metodológica existente para abordar distintos problemas de conocimiento.
- CG2 - Desarrollar el razonamiento crítico y la capacidad para realizar análisis y síntesis de la información disponible.
- CG3 - Saber identificar las necesidades y demandas de los contextos en los que se exige la aplicación de herramientas metodológicas y aprender a proponer las soluciones apropiadas.
- CG5 - Obtener información de forma efectiva a partir de libros, revistas especializadas y otras fuentes.

Competencias transversales:

- CT1 - Análisis y síntesis.
- CT2 - Elaboración y defensa de argumentos adecuadamente fundamentados.
- CT5 - Capacidad de reunir e interpretar datos relevantes dentro del área de la Psicología para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole científica.
- CT6 - Trabajo en equipo y colaboración con otros profesionales.
- CT7 - Pensamiento crítico y, en particular, capacidad para la autocrítica.
- CT8 - Habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía y, en particular, para el desarrollo y mantenimiento actualizado de las competencias, destrezas y conocimientos propios de la profesión.

Competencias específicas:

- CE2 - Procesar datos (conocer la estructura de las bases de datos y manejarse eficientemente con ellas).
- CE3 - Preparar los datos para el análisis (desenvolverse en la relación entre bases de datos y análisis estadístico).
- CE8 - Formación en sistemas de información, gestión y tecnología del conocimiento, deben cualificar al alumno para el trabajo en equipos multidisciplinares (informáticos, diseñadores gráficos, marketing, recursos humanos,...) dedicados al desarrollo eficiente de herramientas de evaluación y de sistemas de información y comunicaciones complejos, accesibles e innovadores.
- CE18: Saber analizar e interpretar los resultados de la evaluación.
- CE19: Saber proporcionar retroalimentación a los destinatarios de forma adecuada y precisa.

Prerrequisitos y recomendaciones.

Como hemos mencionado antes, esta asignatura requiere del manejo de varios conceptos desarrollados en varias asignaturas troncales del Master como son: Análisis de datos y modelos estadísticos, Diseños de investigación avanzados o Métodos informáticos. El equipo docente recomienda que los estudiantes hayan superado estas materias antes de cursar esta asignatura.

El estudio continuo de las asignaturas es una recomendación del equipo docente. La participación activa en las clases, en los foros virtuales, la lectura del material y seguir el plan de trabajo establecido en los tiempos consignados es importante en esta asignatura.

Finalmente, otros requisitos que son altamente recomendables son: tener una gran motivación por el aprendizaje, poseer una gran curiosidad intelectual, implicarse activamente en el proceso de aprendizaje y disfrutar al máximo del trabajo realizado.

5. CONTENIDOS TEMÁTICOS

Tema 1. Anatomía del Sistema Nervioso Central (SNC).

Tema 2. Técnicas de neuroimagen.

Tema 3. Herramientas para el análisis de neuroimagen.

Tema 4. Pre-procesamiento y procesamiento de imágenes.

Tema 5. Análisis de neuroimagen.

Tema 6. Diseños experimentales en el estudio de la relación cerebro-función.

Tema 7. Diseños no experimentales en el estudio de la relación cerebro-función.

Tema 8. Análisis de la conectividad cerebral.

Tema 9. Aplicaciones de la neuroimagen a la comprensión de procesos y trastornos.

6. EQUIPO DOCENTE

COORDINADOR

Nombre	Departamento	Centro	Correo electrónico	Teléfono
SERGIO ESCORIAL MARTÍN	Psicobiología y Metodología en Ciencias del Comportamiento	Facultad de Psicología	sergioes@ucm.es	91 394 2884

PROFESORADO

Nombre	Departamento	Centro	Correo electrónico	Teléfono
SERGIO ESCORIAL MARTÍN	Psicobiología y Metodología en Ciencias del Comportamiento	Facultad de Psicología	sergioes@ucm.es	91 394 2884
JESUS PRIVADO ZAMORANO	Psicobiología y Metodología en Ciencias del Comportamiento	Facultad de Psicología	jprivado@ucm.es	

7. PLANIFICACIÓN DOCENTE

Conseguir que el estudiante desarrolle las competencias propuestas en esta guía docente exige combinar varios métodos docentes:

- **Clases teórico-prácticas.** Se realizan en un aula convencional. En estas clases, el profesor explica la teoría relativa a cada tema y, tras cada explicación, plantea los ejercicios y actividades necesarias para asegurar la correcta asimilación de los conceptos teóricos.
- **Clases prácticas.** Se llevan a cabo en un aula de ordenadores. Consisten en la realización de análisis de imágenes cerebrales mediante diferentes programas informáticos. Están parcializadas según el temario de la asignatura y han sido diseñadas para que el estudiante consolide los conceptos teóricos.
- **Trabajo grupal.** Consiste en un trabajo de revisión sobre las aplicaciones de la neuroimagen a la comprensión de procesos y trastornos. En principio se realizará en grupos pequeños (2-4 estudiantes). Se desarrolla durante todo el cuatrimestre y deberá ser presentado de forma oral al final de la asignatura.
- **Tutorías en grupo.** Tienen la función principal de ofrecer un seguimiento directo del trabajo práctico. En estas sesiones de tutoría los estudiantes tienen la oportunidad de recibir información sobre cómo están realizando el trabajo en grupo y pueden aclarar las dudas que vayan surgiendo.
- **Tutorías individuales.** La labor de tutela individual es esencial para que los estudiantes puedan consultar todo lo que no haya quedado claro en el resto de actividades docentes. Las tutorías individuales sirven para reforzar las explicaciones de las clases teórico-prácticas, para aclarar dudas generales, etc.
- **Trabajo personal.** La consecución de los objetivos de la asignatura sólo es posible con el trabajo constante del estudiante. En ese trabajo juega un papel esencial el repaso del material expuesto en clase y la realización de las actividades propuestas por el profesor para cada tema.
- **Campus Virtual.** Los profesores de la asignatura diseñarán un espacio *web* en el Campus Virtual de la UCM (plataforma Moodle) donde los estudiantes pueden encontrar diversos materiales de la asignatura (programa, PDFs de los temas, archivos con imágenes cerebrales, etc.), instrucciones sobre las tareas que es necesario ir desarrollando, cronograma de actividades, etc.

El tiempo total estimado de trabajo del estudiante medio es de 150 horas a lo largo del cuatrimestre (1 crédito ECTS supone 25 horas de formación del alumno, $6 * 25 = 150$ horas). La siguiente tabla muestra el número de horas estimado para cada tipo de actividad:

Actividad	Tipo	Lugar de la Actividad	Horas
Clases teórico-Prácticas	Presencial	Aula	30
Clases prácticas en clase	Presencial	Aula	15
Trabajo Personal	No presencial	Aula y otros	50
Tutorías personales/en grupo	Presencial	Aula/Despacho Profesor	15
Trabajo Práctico	No presencial	----	40
Total =			150

En el siguiente **cronograma orientativo** se asume un calendario de 15 semanas. También se asume en el cronograma que la asignatura tiene asignada una sesión semanal de tres horas, concentradas en un único día. Podrán existir pequeñas variaciones en función de los festivos que coincidan con el horario de clase.

SEMANA	TEMA	PRACTICAS
Semana 1	Tema 1. Anatomía del Sistema Nervioso Central (SNC).	Presentación
Semana 2		
Semana 3	Tema 2. Técnicas de neuroimagen.	Práctica de técnicas y Herramientas para el análisis de neuroimagen
Semana 4	Tema 3. Herramientas para el análisis de neuroimagen.	
Semana 5		
Semana 6		
Semana 7	Tema 4. Pre-procesamiento y procesamiento de imágenes.	Práctica de pre-procesamiento Práctica de análisis
Semana 8		
Semana 9		
Semana 10	Tema 5. Análisis de neuroimagen.	
Semana 11		
Semana 12	Tema 6. Diseños experimentales en el estudio de la relación cerebro-función.	Práctica de diseños
Semana 13	Tema 7. Diseños no experimentales en el estudio de la relación cerebro-función.	
Semana 14	Tema 8. Análisis de la conectividad cerebral.	Practica de conectividad
Semana 15	Tema 9. Aplicaciones de la neuroimagen a la compresión de procesos y trastornos.	Defensa de los trabajos grupales

8. EVALUACIÓN

En la **convocatoria ordinaria**, la nota obtenida procederá de tres fuentes: un examen final, prácticas de evaluación continua y un trabajo en grupo.

1. El **examen final** de la asignatura representa el 50% de la calificación final. Contendrá preguntas de los contenidos de la asignatura vistos en clase y de las lecturas adicionales. El formato de pregunta podrá ser tipo test, de respuesta corta o larga, o incluir algunos cálculos o interpretación de imágenes cerebrales. El examen final se realiza en un aula convencional al final del cuatrimestre.
2. Las **prácticas continuas** son obligatorias y representan el 20% de la calificación final. Las prácticas son individuales y estarán basadas en los contenidos que conforman el programa. La entrega de estas prácticas deberá respetar las fechas de la planificación docente que se presentará al comienzo del curso. La entrega se realizará a través del Campus Virtual.
3. El **trabajo grupal** representa el 30% de la calificación final. Dependiendo del número de alumnos matriculados en la asignatura, el tamaño de los grupos oscilará entre 2 y 4 alumnos. El trabajo se realizará a lo largo de la asignatura y los contenidos concretos a abordar en el mismo serán supervisados por el equipo docente. Dado que en los trabajos en grupo la participación de sus integrantes puede ser desigual, se realizará una exposición oral del mismo en forma de comunicación científica (oral o póster) o una prueba para valorar de forma individual el nivel de adquisición de las competencias involucradas.

En la **convocatoria extraordinaria** habrá un examen final y una entrega de prácticas y de trabajo equivalente a la de la convocatoria ordinaria, para aquellas personas que suspendieran alguna de estas partes. La calificación final se obtendrá de la misma forma que en la convocatoria ordinaria.

Importante: para poder superar la asignatura el alumno deberá obtener una nota igual o superior a 5, con la restricción de que no se podrá hacer media entre las diferentes fuentes de evaluación si no se obtiene una puntuación mínima de 4 en cada una de ellas.

De acuerdo con lo establecido en el artículo 5 del Real Decreto 1125/2003, los resultados obtenidos por el alumno se calificarán en función de la siguiente escala numérica de 0 a 10, con expresión de un decimal, a la que podrá añadirse su correspondiente calificación cualitativa:

0 - 4,9: Suspenso (SS).

5,0 – 6,9: Aprobado (AP).

7,0 - 8,9: Notable (NT).

9,0 - 10: Sobresaliente (SB).

9. HORARIO DE ATENCIÓN AL ESTUDIANTE

Los alumnos podrán acudir a las tutorías de los profesores, en los despachos correspondientes, en los horarios que se indicarán al comenzar el curso. También podrán solicitar tutorías on line y plantear dudas a través del correo electrónico o de los foros de la asignatura.

10. ACCESO AL CAMPUS VIRTUAL

Para seguir el curso en esta asignatura es imprescindible tener acceso al campus virtual de la UCM <https://www.ucm.es/campusvirtual>. Por lo tanto, todos los alumnos matriculados en ella deberán contar con los datos de acceso a dicho campus (dirección de correo electrónico de la UCM y la correspondiente contraseña) en la semana previa a la fecha de inicio de la asignatura indicada para el próximo curso en el sitio web del máster <http://www.metodologiaccs.es/>.

Los alumnos que en esa semana no tengan disponibles los datos de acceso deberán solicitarlos cuanto antes (en esa misma semana) por el procedimiento indicado en el enlace http://www.metodologiaccs.es/acceso_campus_virtual.html.

11. BIBLIOGRAFÍA

- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2000). Voxel-based morphometry—the methods. *Neuroimage*, 11(6), 805-821.
- Ballard, D. y Brown, C. (1982). *Computer Vision*. Prentice Hall.
- Cabeza, R., & Kingstone, A. (Eds.). (2006). *Handbook of functional neuroimaging of cognition*. Mit Press.
- Catani, M., y De Schotten, M. T. (2012). *Atlas of human brain connections*. Oxford University Press.
- Friston, K. J. (1994). Functional and effective connectivity in neuroimaging: a synthesis. *Human brain mapping*, 2(1-2), 56-78.
- Friston, K. J. (2011). Functional and effective connectivity: a review. *Brain connectivity*, 1(1), 13-36.
- Friston, K. J., Frith, C. D., Liddle, P. F., & Frackowiak, R. S. (1993). Functional connectivity: the principal-component analysis of large (PET) data sets. *Journal of Cerebral Blood Flow & Metabolism*, 13(1), 5-14.
- Gonzalez, R. y Wintz, P. (1987). *Digital Image Processing*. Addison-Wesley.

- Helwig, N. E. (2019). *Statistical nonparametric mapping: Multivariate permutation tests for location, correlation, and regression problems in neuroimaging*. Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics, 11(2), e1457.
- Kolb, B., y Whishaw, I. Q. (2006). *Neuropsicología humana*. Ed. Médica Panamericana.
- Huettel, S.A., Song, A.W., y McCarthy, G. (2009). *Functional Magnetic Resonance Imaging* (2nd Edition)
- Maestú, C., Gómez-Utrero, E., Piñeiro, R., y Sola, R. G. (1999). Magnetoencefalografía: una nueva técnica de diagnóstico funcional en neurociencia. *Revista de Neurología*, 28(11), 1077-1090.
- Maestú F., Ríos, M. y Cabestrero, R. (2008). *Neuroimagen: técnicas y procesos cognitivos*. Elsevier-Masson.
- Marino, J., Jaldo, R., Arias, J. C., y Palma, M. R. (2017). *Neurociencia de las capacidades y los procesos cognitivos*. Editorial Brujas.
- Martí-Climent, J. M., Prieto, E., Lafuente, J. L., y Arbizu, J. (2010). Neuroimagen: Fundamentos técnicos y prácticos. *Revista española de medicina nuclear*, 29(4), 189-210.
- Mori, S., Wakana, S., Nague-Poetscher, L. M. y Van Zijl, P. C. M. (2005). *MRI Atlas of Human White Matter*. Elsevier.
- Palomo, T. y cols (2002). *Avances neurocientíficos y realidad clínica. Tomo V: Neuroimagen en Psiquiatría*. Editorial Cerebro y Mente.
- Penny, W. D., Friston, K. J., Ashburner, J. T., Kiebel, S. J., & Nichols, T. E. (Eds.). (2011). *Statistical parametric mapping: the analysis of functional brain images*. Elsevier.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., y Lamantia, A. S. (2007). *Neurociencia*. Editorial médica panamericana.
- Ripoll, D. R., Adrover-Roig, D., y Rodríguez, M. P. A. (2014). *Neurociencia cognitiva*. Editorial médica panamericana.
- van Drongelen, W. (2006). *Signal processing for Neuroscientists (1st edition). An introduction to the analysis of Physiological signals*. Academic Press.