

Aspectos generales

Título:	Neuroimágenes y Señales Cerebrales: Fundamentos, Aplicaciones y Análisis Computacional (EEG y fMRI)
Programas de posgrado o planes de estudio en donde se ofertará adicionalmente:	
Programa de Doctorado en Ciencias Biomédicas (PDCB)	
Área del conocimiento:	Neurociencias y neurobiología
Semestre:	2026-2
Modalidad:	Curso fundamental
Horario:	Miércoles 13-16 hrs. o Jueves de 10-13 hrs.
No. sesiones:	19
Horas por sesión:	3.0
Total alumnos PDCB:	20
Total alumnos:	20
Videoconferencia:	Si
Lugar donde se imparte:	Aula del Posgrado (por solicitar)
Informes:	antonieta.martinez@facmed.unam.mx

Métodos de evaluación

MÉTODO	PORCENTAJE	NOTAS
Asistencia	10%	Se requiere ?80% de asistencia; control por lista.
Cuestionarios	15%	Cuestionario en aula al final de cada sesión (16 en total).
Examen final (análisis de EEG + presentación 20 min)	50%	Cada alumno(a) analiza un registro de EEG o fMRI distinto (sueño, epilepsia, privación de sueño u otros casos); entrega informe y exposición.
Tareas	25%	Diez tareas teóricas: lecturas de artículos

Contribución de este curso/tópico en la formación del alumnado del PDCB:

- Fortalece competencias para diseñar y analizar estudios con EEG y fMRI, desde la adquisición hasta la interpretación.
- Desarrolla habilidades en programación científica (R/Python), buenas prácticas de reproducibilidad (BIDS, control de versiones) y reporte transparente.
- Promueve criterio crítico para evaluar validez, confiabilidad, control de sesgos y limitaciones metodológicas.
- Capacita para traducir hallazgos en preguntas neurobiológicas, clínicas y cognitivas de alto impacto.

Profesor (a) responsable

Nombre:	Martínez Guerrero Antonieta
Teléfono:	(777) 4916235
Email:	antonieta.martinez@facmed.unam.mx

Profesores (as) participantes

PARTICIPANTE	ENTIDAD O ADSCRIPCIÓN	SESIONES
MARTÍNEZ GUERRERO ANTONIETA Responsable	Facultad de Medicina	EEG práctico III: Otros análisis de series de tiempo. fMRI práctico II: Preprocesamiento y limpieza de una imagen de ratón. fMRI práctico III: ROIs, Matrices de conectividad e ICA (ratón). fMRI práctico IV: Análisis de redes mediante grafos. No linealidad II: métricas de complejidad. Redes cerebrales y sincronización

<b>APABLAZA YEVENES DAVID E.</b> Integrante	.	Consciencia y Atención en EEG y fMRI: Estados clínicos y marcadores en EEG/fMRI: anestesia, DoC (coma/UWS/MCS/LIS) y muerte encefálica Consciencia y Atención en EEG y fMRI: Fundamentos y paradigmas. EEG práctico II: sueño y epilepsia. No linealidad y criticalidad I: conceptos
<b>IBARRA CORONADO ELIZABETH GUADALUPE</b> Integrante	Facultad de Medicina	EEG I: fundamentos, instrumentación y adquisición EEG II: interpretación básica — sueño y epilepsia EEG práctico I: preprocesamiento y espectro de potencia.
<b>LARA ESTRADA RAFAEL</b> Integrante	.	fMRI I: fundamentos y adquisición fMRI II: técnicas de IRM y estrategias de análisis.
<b>MORALES GUADARRAMA AXAYACATL</b> Integrante	.	fMRI práctico I: Práctica con CAT y fMRIPrep. fMRI práctico I: Práctica con CAT y fMRIPrep.

## Introducción

Este curso de nivel doctoral ofrece una formación rigurosa en los fundamentos teóricos, algunas aplicaciones y el análisis de señales cerebrales provenientes de electroencefalografía (EEG) y resonancia magnética funcional (fMRI). El enfoque es multimodal y computacional, integrando fundamentos físicos y neurofisiológicos con métodos estadísticos y de procesamiento de señales. Se abordan además conceptos avanzados de no linealidad, criticalidad y complejidad como marcos para entender la dinámica neuronal, apoyándose en métricas contemporáneas y en prácticas reproducibles con R y Python.

Contribución de este curso/tópico a la formación del alumnado del PDCB

- Fortalece competencias para diseñar y analizar estudios con EEG y fMRI, desde la adquisición hasta la interpretación.
- Desarrolla habilidades en programación científica (R/Python), buenas prácticas de reproducibilidad (BIDS, control de versiones) y reporte transparente.
- Promueve criterio crítico para evaluar validez, confiabilidad, control de sesgos y limitaciones metodológicas.
- Capacita para traducir hallazgos en preguntas neurobiológicas, clínicas y cognitivas de alto impacto.

## Temario

28/01/2026 0 Intro-

ductoria Teórica 3 horas Introducción al curso. Sesión informativa en línea una semana antes de iniciar el curso para presentar el temario, los materiales y a los profesores. Los alumnos despejarán sus dudas y se les explicará la dinámica de cada módulo.

La primera tarea consiste en leer fragmentos seleccionados del libro NMR Spectroscopy Principles and Techniques de Robin A. de Graaf. (1) Antonieta Martínez Guerrero.

(2) Rafael Lara Estrada.

(3) Axayácatl Morales Guadarrama.

(4) David E. Apablaza Yevenes.

(5) Elizabeth G. Ibarra Coronado.

Adscripciones:

(1) Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.

(2 y 3) Centro Nacional de Investigaciones en Imagenología e Instrumentación Médica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México.

(4) Laboratorio de Sistemas Complejos, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

(5) Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, CP 04510, México.

04/02/2026 1

1 Teórica 3 horas fMRI I: fundamentos y adquisición Formación de imágenes por resonancia magnética. Sistemas de Imagenología por RM. Secuencias de la imagen por RM.

Presentación del tema.

Revisión de las lecturas. Leer los artículos de Gaser et al., 2024 y Esteban et al., 2019. Rafael Lara Estrada y Axayácatl Morales Guadarrama.

Adscripción: Centro Nacional de Investigaciones en Imagenología e Instrumentación Médica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México.

11/02/2026 2 Teórica 3 horas fMRI II: técnicas de IRM y estrategias de análisis. Métodos de adquisición de imágenes por RM. Análisis de estructura y función cerebral por RM. Presentación del tema.

Revisión de los artículos. Leer fragmentos seleccionados de Niedermeyer, Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields. Rafael Lara Estrada y Axayácatl Morales Guadarrama.

Adscripción: Centro Nacional de Investigaciones en Imagenología e Instrumentación Médica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México.

18/02/2026 2

3 Teórica 3 horas EEG I: fundamentos, instrumentación y adquisición Bases físicas y neurobiológicas del EEG Conceptos prácticos: ritmos electroencefalográficos y su origen, técnicas, derivaciones y montajes (10–20/10–10); muestreo, filtros, referencia; seguridad; trazado básico. Discusión de papers o capítulos de libros/describir actividades en plataformas interactivas u otras actividades en clase. Leer fragmentos seleccionados de Rhythms of the Brain de G. Buzsáki. Elizabeth G. Ibarra Coronado.

Adscripción: Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, CP 04510, México.

25/02/2026 4 Teórica 3 horas EEG II: interpretación básica — sueño y epilepsia Bases fisiológicas del sueño, y de la epilepsia.

Patrones de EEG, grafoelementos hipnograma; epilepsia (puntas, ondas agudas, patrones periódicos); limitaciones y artefactos. Discusión de papers o capítulos de libros/describir actividades en plataformas interactivas u otras actividades en clase. Lectura del artículo de Laureys et al., 2004 y Maillé, S., & Lynn, M. 2020. Elizabeth G. Ibarra Coronado.

Adscripción: Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, CP 04510, México.

04/03/2026 3 5 Teórica 3 horas Consciencia y Atención en EEG y fMRI: Fundamentos y paradigmas. Conceptos y taxonomía:

Diferenciar consciencia (contenido + nivel) vs. atención. Teorías de la consciencia GWT, ITT.

Escalas clínicas (CRS?R) y nomenclatura: coma, UWS, MCS, LIS. Pruebas atencionales y de consciencia. Discusión sobre las funciones cerebrales en los desórdenes de consciencia basado en el artículo de Laureys et al., 2004 y Maillé, S., & Lynn, M. 2020.

Lectura del artículo de Menon V. 2011 y Apablaza-Yevenes et al. 2024. David E. Apablaza Yevenes

Adscripción: Laboratorio de Sistemas Complejos, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

11/03/2026 6 Teórica 3 horas Consciencia y Atención en EEG y fMRI: Estados clínicos y marcadores en EEG/fMRI: anestesia, DoC (coma/UWS/MCS/LIS) y muerte encefálica Estados clínicos y marcadores: Anestesia/sedación, comparación entre diferentes agentes. Comparaciones en la dinámica cerebral de Coma, UWS, MCS, LIS en firmas de EEG. Diagnóstico de muerte encefálica con el uso del EEG. Caracterización de la consciencia y su dinámica en el Modelo de triple red neuronal utilizando fMRI. Discusión sobre la relevancia del fMRI y el modelo de triple red neuronal basado en los artículos de Menon 2011

Leer fragmentos seleccionados de Kantz H., Schreiber T. Nonlinear Time Series Analysis y el artículo de Beggs & Time, 2012. David E. Apablaza Yevenes

Adscripción: Laboratorio de Sistemas Complejos, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México. 18/03/2026 4

7 Teórica 3 horas No linealidad y criticalidad I: conceptos. Dinámica no lineal, fractalidad, correlaciones de largo alcance; avalanchas neuronales y leyes de potencia; criticalidad. Revisión de las lecturas y presentación de los temas. Glosario. (1) David E. Apablaza Yevenes.

(2) Antonieta Martínez Guerrero.

Adscripciones:

(1) Laboratorio de Sistemas Complejos, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

(2) Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

25/03/2026 8 Teórica 3 horas No linealidad II: métricas de complejidad. DFA: Alpha y exponente de Hurst; entropía de Shannon; información mutua, medida J.

Presentación de los temas con ejemplos aplicados. Lectura de fragmentos seleccionados del libro Networks of the Brain de O. Sporns. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

08/04/2026 9 Teórica 3 horas Redes cerebrales y sincronización. Conectividad funcional; sincronización de fase (PLV/PLI). Grafos: modularidad, centralidad, small-world; pruebas estadísticas y nulos. Revisión de las lecturas y presentación de los temas. Leer fragmentos seleccionados de Rhythms of the Brain de G. Buzsáki. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

15/04/2026 5

10 Práctica 3 horas EEG práctico I: preprocesamiento y espectro de potencia. Importación, limpieza visual, marcado de eventos; resampleo, filtrado, re-referenciado, rechazo de artefactos (ICA/autorreject); y espectrogramas; figuras y reporte QC. Aplicación guiada en EEGLAB y R. Reporte QC con interpretación y figuras en el repositorio. (1) David E. Apablaza Yevenes.

(2) Elizabeth Ibarra Coronado.

(3) Antonieta Martínez Guerrero.

Adscripciones:

(1) Laboratorio de Sistemas Complejos, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.

(2) Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, CP 04510, México.

(3) Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

22/04/2026 11 Práctica 3 horas EEG práctico II: sueño y epilepsia. Hipnograma y arquitectura; detección de actividad epileptiforme; bandas de potencia; interpretación básica. Aplicación guiada en EEGLAB y R. Informe breve con interpretación y figuras en el repositorio. (1) David E. Apablaza Yevenes.

(2) Elizabeth Ibarra Coronado.

(3) Antonieta Martínez Guerrero.

Adscripciones:

- (1) Laboratorio de Sistemas Complejos, Centro de Investigación en Ciencias, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Cuernavaca, Morelos, México.  
(2) Laboratorio de Bioelectromagnetismo, Departamento de Fisiología, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, CP 04510, México.  
(3) Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México.  
29/04/2026 12 Práctica 3 horas EEG práctico III: Otros análisis de series de tiempo. Cálculo de DFA/entropías/MI/PLV; reporte reproducible. Análisis guiado en R. Repositorio final (R) con README y resultados. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México  
06/05/2026 13 Práctica 3 horas fMRI práctico I: Práctica con CAT y fMRIPrep. Conversión DICOM a NIfTI, BIDS, Preprocesamiento, análisis de confusores y reporte QC.  
Aplicación guiada en CAT y fMRIPrep. Reporte QC con interpretación y figuras en el repositorio. Rafael Lara Estrada y Axayácatl Morales Guadarrama.

Adscripción: Centro Nacional de Investigaciones en Imagenología e Instrumentación Médica, Departamento de Ingeniería Eléctrica, Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, Ciudad de México, México.  
13/05/2026 14 Práctica 3 horas fMRI práctico II: Preprocesamiento y limpieza de una imagen de ratón. Preprocesamiento, análisis de confusores y reporte QC con RABIES. Aplicación guiada en BrkRaw/RABIES. Reporte QC con interpretación y figuras en el repositorio. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México  
20/05/2026 15 Práctica 3 horas fMRI práctico III: ROIs, Matrices de conectividad e ICA (ratón). Construcción de matrices de conectividad global y ROIs. Análisis mediante ICA. Aplicación guiada en RABIES/R. Resultados con capturas y comentarios en el repositorio. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México  
27/05/2026 16 Práctica 3 horas fMRI práctico IV: Análisis de redes mediante grafos. Umbralización de matrices de conectividad y métricas de grafos; reporte reproducible. Análisis guiado de redes cerebrales en R con igraph y brainGraph. Repositorio final (R) con README y resultados. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México  
03/05/2026 Evaluación Final  
17 Presentación oral y entrega de plantillas. 3 horas Presentación del análisis del registro de EEG Evaluación Final Primera sesión de presentaciones de su análisis. Esta presentación cuenta como su evaluación final. Cada presentación tendrá una duración máxima de 20 minutos. Evaluación final y retroalimentación. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México  
10/06/2026 18 Presentación oral y entrega de plantillas. 3 horas Presentación del análisis del registro de EEG Evaluación Final Segunda sesión de presentaciones de su análisis. Esta presentación cuenta como su evaluación final. Cada presentación tendrá una duración máxima de 20 minutos. Evaluación final y retroalimentación. Antonieta Martínez Guerrero

Adscripción: Laboratorio de Filogenia del Sistema Inmune de Piel y Mucosas, Departamento de Biología Celular y Tisular, Facultad de Medicina, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad de México, México

## Bibliografía

- Niedermeyer E., da Silva F.L. Electroencephalography: Basic Principles, Clinical Applications, and Related Fields.
- Laureys et al. (2004). Brain function in coma, vegetative state, and related disorders.
  - Maillé, S., & Lynn, M. (2020). Reconciling current theories of consciousness.
  - Menon, V. (2011). Large-scale brain networks and psychopathology: a unifying triple network model.
  - Apablaza-Yevenes et al. (2024). Stationary stable cross-correlation pattern and task specific deviations in unresponsive wakefulness syndrome as well as clinically healthy subjects.
  - Sanei S., Chambers J. EEG Signal Processing.
  - Buzsáki G. Rhythms of the Brain.
  - Huettel S.A., Song A.W., McCarthy G. Functional Magnetic Resonance Imaging.
  - Poldrack R.A., Mumford J.A., Nichols T.E. Handbook of Functional MRI Data Analysis.
  - Friston K.J. et al. Statistical Parametric Mapping: The Analysis of Functional Brain Images.
  - Kantz H., Schreiber T. Nonlinear Time Series Analysis.

- Pikovsky A., Rosenblum M., Kurths J. Synchronization: A Universal Concept in Nonlinear Sciences.
- Sporns O. Networks of the Brain.
- Robin A. de Graaf. in vivo NMR Spectroscopy Principles and Techniques
- Gorgolewski K.J. et al. (2016). The brain imaging data structure, a format for organizing and describing outputs of neuroimaging experiments..
- Esteban O. et al. (2019). fMRIPrep: a robust preprocessing pipeline for functional MRI.
- Gaser, C. et al. (2024). CAT: a computational anatomy toolbox for the analysis of structural MRI data.
- Hardstone R. et al. (2012). Detrended fluctuation analysis: a scale-free view on neuronal oscillations.

## Observaciones

- Requisitos previos sugeridos: Ninguno.
- Computadora portátil recomendada: Procesador i7 o equivalente, 16 GB RAM, 1 TB disco duro (al menos 250 MB libres). Requerimientos mínimos: Procesador i5 o equivalente, 8 GB RAM, 500 GB disco duro (al menos 250 MB libres).
- Ética y datos: uso de datos anónimos de acceso abierto; cumplimiento de comités y normativa vigente; resguardo responsable de datos.
- Plataformas de curso: Genially/Github/Google Meet.
- Repositorio y datos de práctica: <https://github.com/antonietamg/Neuroimagenes-Curso2026>

Requisitos previos sugeridos: Ninguno.

- Computadora portátil recomendada: Procesador i7 o equivalente, 16 GB RAM, 1 TB disco duro (al menos 250 MB libres). Requerimientos mínimos: Procesador i5 o equivalente, 8 GB RAM, 500 GB disco duro (al menos 250 MB libres).
- Ética y datos: uso de datos anónimos de acceso abierto; cumplimiento de comités y normativa vigente; resguardo responsable de datos.
- Plataformas de curso: Genially/Github/Google Meet.
- Repositorio y datos de práctica: <https://github.com/antonietamg/Neuroimagenes-Curso2026>