

Aspectos generales

Título:	Introducción al análisis electrofisiológico con EEG y LFP
Programas de posgrado o planes de estudio en donde se ofertará adicionalmente:	Posgrados de Ciencias Biomédicas.
Área del conocimiento:	Neurociencias y neurobiología
Semestre:	2025-2
Modalidad:	Tópico selecto
Horario:	Miércoles de 15:30 hrs a 18:00 hrs
No. sesiones:	16
Horas por sesión:	2.5
Total alumnos PDCB:	10
Total alumnos:	10
Videoconferencia:	Si
Lugar donde se imparte:	Instituto de Fisiología Celular, Edificio de Neurociencias (aula por definir)
Informes:	Ext: 25675; correo: tfigueroa@ifc.unam.mx

Métodos de evaluación

MÉTODO	PORCENTAJE	NOTAS
Participación en clase	35%	Conforme se vaya avanzado en los temas se pedirá al principio de cada clase la participación voluntaria de 2 alumnos para que resuman de forma breve (5 minutos) lo visto en la clase anterior
Seminario de evaluación	50%	Se plantean exámenes cooperativos donde el grupo revise en conjunto la información dada hasta antes de dicha evaluación.
Tareas / Practicas	15%	Al ser un curso teórico-práctico se plantean tareas y actividades en clase que permitan reforzar lo aprendido.

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

Este curso permite al alumno familiarizarse con los conceptos básicos en el tratamiento de señales de bajas frecuencias; ya sea de tipo EEG o LFP. A su vez, permitirá al alumno desarrollar criterios claros desde el planteamiento del experimento, los detalles a cuidar en las tareas psicofísicas planteadas tanto a humano como no humanos que permitan el preprocesamiento y posterior tratamiento de las señales bajo protocolos adecuados que faciliten la investigación en neurociencias.

Profesor (a) responsable

Nombre:	Figueroa Vanegas Manuel Tonatihua
Teléfono:	
Email:	tfigueroa@ifc.unam.mx

Profesores (as) participantes

PARTICIPANTE	ENTIDAD O ADSCRIPCIÓN	SESIONES
--------------	-----------------------	----------

FIGUEROA VANEGAS MANUEL TONATIHU Instituto de Fisiología Celular
Responsable

- e. Transformada Inversa de Fourier
- f. Rechazo de ensayos.
- Seminario de Evaluación.
- Seminario de Evaluación.
- 1. ¿Qué es la Señal Electrofisiológica?
- 2. Análisis del dominio Frecuencia-Tiempo. Ventajas y Limitaciones
- 3. Interpretación de Resultados de Frecuencia-Tiempo.
- 4. Introducción a la programación en Matlab.
- 5. Introducción a las bases fisiológicas de EEG y LFP.
- 6. Diseño de Experimentos.
- 8. Artefactos: Detección, influencia y eliminación
- 9. Álgebra lineal en breve.
- 10. Transformada Discreta de Fourier, FFT y Teorema de Convolución.
- 11. Morlet Wavelets y Convolución
- 12. Wavelets Complejas y la Extracción de Poder y Fase
- 13. Filtro Pasobandas.

Introducción

Los procesos biológicos presentes en estructuras cerebrales son estudiados por medio de señales eléctricas que al ser analizadas permiten dilucidar procesos cognitivos altamente complejos. En el presente curso se busca aportar una metodología clara que permita a los alumnos generar los protocolos de investigación para el análisis y tratamiento de señales electrofisiológicas de baja frecuencia presentes en Local Field Potentials (LFP) y Electroencefalografía (EEG). Para ello, se explicarán nociones básicas de electrofisiología, diseño de experimentos psicofísicos, preprocesamiento de señales con librerías de uso común en Matlab, aplicación de análisis de frecuencia-tiempo con Fourier y su transformada rápida (FFT). Se usarán bases de álgebra lineal (convolución), tipos de filtros y finalmente la implementación de métodos estándar como Wavelets que les permita descomponer la señal en bandas de poder y frecuencias típicamente conocidas como Delta, Theta, Alpha, Beta y Gamma, estudiando sus modulaciones. Por lo tanto, el planteamiento del curso es teórico-práctico permitiendo a los alumnos afrontar cualquier tipo de señal electrofisiológica y proseguir con análisis más detallados.

Temario

1. ¿Qué es la Señal Electrofisiológica? Sesión 1 (29 de Enero de 2025), 2hrs 30 min.
 - a. Introducción al curso. Vista General.
 - b. Breve Historia.
 - c. ¿Cómo se obtiene y qué la compone? Porque se estudia
 - d. Frecuencia Altas y Bajas.
 - e. ¿Qué es la Electrofisiología Cognitiva?
2. Análisis del dominio Frecuencia-Tiempo. Ventajas y Limitaciones. Sesión 2 (5 de Febrero de 2025), 2hrs 30 min.
 - a. Electroencefalografía, EEG.
 - b. Local Field Potentials, LFP.
 - c. EEG, LFP; similitudes y diferencias.
 - d. Ventajas y limitaciones del Frecuencia-Tiempo basado en aproximaciones.
3. Interpretación de Resultados de Frecuencia-Tiempo. Sesión 3 (12 de Febrero de 2025), 2hrs 30 min.
 - a. Bases para EEG Frecuencia-Tiempo.
 - b. Interpretación de resultados.
 - c. Datos a tomar en cuenta al visualizar resultados de Frecuencia-Tiempo
 - d. ¿Los resultados son oscilaciones neuronales?
4. Introducción a la programación en Matlab. Sesión 4 (19 de Febrero de 2025), 2hrs 30 min.
 - a. Como escribir código eficiente y limpio.
 - b. Consejos simples pero poderosos:
 - i. Nombrar variables y archivos.
 - ii. Cuando hacer respaldos y cuando guardar código sin modificar.
 - iii. Inicializar variables.
5. Introducción a las bases fisiológicas de EEG y LFP. Sesión 5 (26 de Febrero de 2025), 1hr 15 min.
 - a. Eventos fisiológicos medibles.
 - b. Mecanismos neurobiológicos de las oscilaciones.
 - c. ¿Los campos eléctricos están involucrados en la cognición?
6. Diseño de Experimentos. Sesión 5 (26 de Febrero de 2025), 1hr 15 min.
 - a. Elementos básicos.
 - b. ¿Para qué los eventos en una tarea?
 - c. Prueba de poder o ¿cuántos ensayos necesito?
 - d. Frecuencia de Muestreo y Nyquist.

Seminario de Evaluación. Sesión 6 (5 de Marzo de 2025), 2hrs 30 min

7. Preprocesamiento de Datos: Relevancia y Utilidad. Sesión 7 (12 de Marzo de 2025), 2hrs 30 min.

- a. ¿Qué es el preprocesamiento?
- b. Balance entre señal y ruido
- c. Creando épocas-ensayos.
- d. Ensayos coincidentes en las diferentes condiciones.
- e. Filtrado

f. Rechazo de ensayos. Sesión 8 (19 de Marzo de 2025), 1 hr 15 min.

- g. Referencias.
- h. Interpolación con malos electrodos.
- i. Importancia de empezar con data "limpio".

8. Artefactos: Detección, influencia y eliminación. Sesión 8 (19 de Marzo de 2025), 1 hr 15 min.

- a. Cómo detectarlos.
- b. Biológico, Físico o Artificial.
- c. Minimizar artefactos.

9. Álgebra lineal en breve. Sesión 9 (26 de Marzo de 2025), 2hrs 30 min.

- a. Producto Punto.
- b. Convolución y cómo funciona.
- c. Convolución vs Cross-Covarianza.
- d. Convolución en EEG y LFP.

10. Transformada Discreta de Fourier, FFT y Teorema de Convolución. Sesión 10 (2 de Abril de 2025), 2hrs 30 min.

- a. ¿Qué es la Onda?
- b. Ondas con la Transformada de Fourier.
- c. Transformada Discreta de Fourier.
- d. Resultados Complejos y Frecuencias negativas.

e. Transformada Inversa de Fourier. Sesión 11 (9 de Abril de 2025), 2hrs 30 min.

- f. Transformada Rápida de Fourier, FFT.
- g. Teorema de Convolución
- h. FFT y Convolución en Matlab.

11. Morlet Wavelets y Convolución. Sesión 12 (23 de Abril de 2025), 2hrs 30 min.

- a. ¿Por qué wavelets y cómo hacerlas?
- b. La convolución de wavelets como Filtros pasobandas.
- c. Limitaciones de las Convolución de wavelets.

12. Wavelets Complejas y la Extracción de Poder y Fase. Sesión 13 (30 de Abril de 2025), 2hrs 30 min.

- a. Wavelet Compleja.
- b. Imaginarios.
- c. Fórmula de Euler.
- d. Fórmula de Euler y la Forma Compleja de la Convolución de Wavelets
- e. Parámetros en las wavelets y recomendaciones.
- f. Wavelets con código eficiente en Matlab.

13. Filtro Pasobandas. Sesión 14 (7 de Mayo de 2025), 2hrs 30 min.

- a. Transformada Hilbert.
- b. Filtros pasobandas, banda-stop (notch), pasobajas y pasobajas.
- c. Diseño y Construcción de filtros.
- d. Filtro Butterworth.
- e. Filtrado por ensayo vs Filtrado concatenado de ensayos.

14. Transformada Corta de FFT y Multitapers. Sesión 15 (14 de Mayo de 2025), 2hrs 30 min.

- a. ¿Cómo funciona la transformada corta FFT?
- b. Reducir/Segmentar las series de tiempo.
- c. Ancho de segmentos de tiempo y solapamiento.
- d. ¿Cómo funciona el Método Multitapers?
- e. ¿Cuándo si y cuándo no usar Multitapers?
- f. Estructura de los Multitapers y consejos.

Seminario de Evaluación. Sesión 16 (21 de Mayo de 2025), 2hrs 30 min

*Nota: El responsable del curso dará todo el temario.

Bibliografía

A better way to define and describe Morlet wavelets for time-frequency analysis. Michael X Cohen. *NeuroImage*, Elsevier Inc. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2019.05.048>

Analyzing Neural Time Series Data: Theory and Practice. Michael X Cohen. Massachusetts Institute of Technology. 2014. USA.

Distinct beta frequencies reflect categorical decisions. Elie Rassi, Yi Zhang, Germán Mendoza, Juan Carlos Méndez, Hugo Merchant, and Saskia Haegens. *Nature Communications*, 2023. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-38675-3>

Extrapolating meaning from local field potential recordings. Amber L. Harris, Megan L. Uhelski, and Ai-Ling Li. *Journal of Integrative Neuroscience*. 2017. DOI 10.3233/JIN-170011

Gamma and Beta Bursts Underlie Working Memory. Mikael Lundqvist, Jonas Rose, Pawel Herman, Scott L. Brincat, Timothy J. Buschman, and Earl K. Miller. *Neuron*, Elsevier Inc. 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2016.02.028>

Interaction between the Superior Temporal Sulcus and Auditory Cortex Mediate Dynamic Face/Voice Integration in Rhesus Monkeys. Asif A. Ghazanfar, Chandramouli Chandrasekaran, and Nikos K. Logothetis. *The Journal of Neuroscience*, 2008. doi: 10.1523/JNEUROSCI.0541-08.2008

Filters: When, Why, and How (Not) to Use Them. Alain de Cheveigné, and Israel Nelken. *Neuron*, Cell Press; Elsevier Inc. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2019.02.039>

Local Field Potentials: Myths and Misunderstandings. Oscar Herreras. *Frontiers in Neural Circuits*. 2016. doi: 10.3389/fncir.2016.00101.

Local field potentials in human motor and non-motor brain areas encode the direction of upcoming movements: An intracerebral EEG classification study. Etienne Combrisson, Franck Di Rienzo, Anne-Lise Saive, Marcela Perrone-Bertolotti, Juan LP Soto, Jean-Philippe Lachaux, AYmeric Guillot, and Karim Jerbi. *BiorXiv*. 2023. <https://doi.org/10.1101/2023.09.07.556727>

Matlab for Neuroscientists, An Introduction to Scientific Computing in Matlab. Pascal Wallisch, Michael Lusignan, Marc Benayoun, Tanya I. Baker, Adam S. Dickey, and Nicholas G. Hatsopoulos. Elsevier Inc. 2009. China

Rhythms of the Brain. György Buzsáki. Oxford University Press, Inc. 2006. USA.

The mediodorsal pulvinar coordinates the macaque fronto-parietal network during rhythmic spatial attention. Ian C. Fiebelkorn, Mark A. Pinsk, and Sabine Kastner. *Nature Communications*. 2019. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-08151-4>

The Origin of extracellular fields and currents—EEG, ECoG, LFP and spikes. György Buzsáki, Costas A. Anastassiou, and Christof Koch. *Nature reviews neuroscience*, Macmillan Publishers Limited. 2012. doi:10.1038/nrn3241

Observaciones

Método de Evaluación:

? Participación en clase (Valor 35%).

Conforme se vaya avanzado en los temas se pedirá al principio de cada clase la participación voluntaria de 2 alumnos para que resuman de forma breve (5 minutos) lo visto en la clase anterior; con esta dinámica se busca mantener el estudio constante de la materia en los temas vistos.

Adicionalmente, se invitará a cualquier alumno que tenga dudas de los temas tratados en las clases previas para resolverlas, primeramente con ayuda del grupo y con intervención de mi parte para apoyarlos a encontrar la respuesta correcta por medio de su razonamiento.

Se pedirá un mínimo de 7 participaciones por alumno para alcanzar el porcentaje asignado a este rubro. Finalmente, cualquier alumno que acumule más de 7 participaciones podrá verse reflejado puntos extra en su calificación de Seminarios de Evaluación; pudiendo decidir en cual quiera de las dos donde asignar los puntos extra.

? Tareas y Prácticas (Valor 15%).

Al ser un curso teórico-práctico se plantean tareas y actividades en clase que permitan reforzar lo aprendido. Por tanto, en el caso de las tareas se planteará pocas para realizar fuera del aula buscando que sean puntuales para reforzar los temas aprendidos. Ejemplo: Buscar papers donde se mencione la metodología de preprocesamiento de datos de señales y sus aportaciones.

Por otro lado, con las prácticas en clase se busca que los alumnos por medio de la programación en Matlab (de los diferentes recursos que se necesiten para el procesamiento de señales) se hagan de las habilidades y herramientas necesarias para este tipo de metodología. A su vez, se buscará guiarlos con una programación en vivo (de mi parte) con el fin de hacer una explicación lo más clara posible para todos.

En este rubro la evaluación se dividirá dependiendo del número de tareas y prácticas que se realicen durante el curso contando al ser entregadas.

? Seminario de Evaluación (Valor 50% en total y 25% por examen).

Se plantean exámenes cooperativos donde el grupo revise en conjunto la información dada hasta antes de dicha evaluación. Para ello, se puede elegir revisar papers que hablen de los temas tratados y que serán entregados previamente al grupo para su lectura. Los papers pueden ser sugeridos por los mismos alumnos y/o tomados de la bibliografía descrita en este curso. La calificación individual en esta evaluación quedará a criterio del profesor y dependerá del desempeño del grupo por medio de su participación durante el seminario.