UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

Denominación de la actividad académica (completa): FUNDAMENTOS DE NEUROFISIOLOGÍA CELULAR

Clave:	**Semestre:**	**Campo de conocimiento:**	**Número de Créditos:**
(no llenar)	*2024-2*	*Biología Experimental* *Biomedicina*	*8 créditos*

Carácter	**Horas**		**Horas por semana**	**Horas por semestre**
Optativa	**Teóricas**	**Prácticas**	*4*	*64*
	64			

Modalidad	**Duración del curso**
Curso	*Semestral*

Seriación indicativa u obligatoria antecedente, si es el caso:
No aplica

Seriación indicativa u obligatoria subsecuente, si es el caso:
No aplica

Objetivo general:
Proporcionar a los estudiantes una comprensión profunda de los principios fundamentales que rigen el funcionamiento del sistema nervioso, desde el nivel celular hasta los circuitos neuronales y sistemas integrados. Este curso busca capacitar a los participantes con conocimientos avanzados en neurofisiología y los fundamentos físicos de la excitabilidad neuronal, promoviendo la habilidad para analizar y comprender los mecanismos neurales subyacentes a diversas funciones cognitivas.

Objetivos específicos: (en si caso)

Temario	**Horas**	
	Teóricas	**Prácticas**
Unidad 1 Repaso de funciones matemáticas utilizadas en las neurociencias (Antonio Laville) 1.1 La recta a. Pendiente b. Ordenada al origen c. Ejemplos de la recta en la neurofisiología 1.2 La hipérbola a. Grafica en escala semilogarítmica. b. Ejemplos de la hipérbola en la neurofisiología 1.3 Polinomios a. Orden del polinomio. a.1 Primer orden, de nuevo la recta a.2 Segundo orden, la parábola a.3 Enésimo orden b. Ceros del polinomio c. Ejemplos de polinomios en las Neurociencias.	**2**	

1.4 La Exponencial a. Creciente b. Decreciente c. Ejemplos de la exponencial en las neurociencias. 1.5 Funciones Sigmoides a. Función logística b. Función logística generalizada c. La integral de distribuciones de probabilidad en general son sigmoides d. Ejemplos de funciones sigmoides en las neurociencias		
Unidad 2 Electricidad básica y circuitos eléctricos (Antonio Laville) 2.1 Definiciones relacionadas con los sistemas de medición 2.2 Definiciones y unidades para circuitos eléctricos a. Fuerza electromotriz b. Coulomb c. Faraday d. Corriente e. Ley de Ohm f. Capacitancia g. Leyes de Kirchhoff h. Fuente de voltaje i. Fuente de corriente j. Medición de voltaje y corriente k. Impedancia l. Impedancia de entrada y resistencia de entrada m. Impedancia de fuente n. Filtros o. Respuesta de resistencias y condensadores a diferentes funciones p. Medición de señales biológicas 2.3 Amplificadores y circuitos de fijación de voltaje a. Amplificador ideal b. Circuitos prácticos b.1 Inversor b.2 No inversor b.3 Seguidor c. Circuito de fijación de voltaje d. Circuito de patch-clamp (convertidor de corriente a voltaje)	**2**	
Unidad 3 Movimiento iónico en celular excitables (Violeta Lopez) 3.1 Leyes físicas que dictan el movimiento de iones a. Ley de Fick para la difusión b. Ley de Ohm para la deriva c. La relación de Einstein entre difusión y movilidad d. Neutralidad de la carga espacial	**4**	

3.2 La ecuación de Nernst-Planck (NPE) 3.3 La ecuación de Nernst 3.4 Distribución de iones y mantenimiento del gradiente a. Transporte activo de iones b. Distribución pasiva de iones y equilibrio de Donnan 3.5 Efectos del Cl^- y el K^+ en el potencial de membrana 3.6 Movimiento de iones a través de membranas biológicas 3.7 Permeabilidad de membrana 24 a. El modelo de Goldman-Hodgkin-Katz (GHK) b. Aplicaciones de las ecuaciones de GHK b.1 Potencial de reposo b.2 Efectos de las bombas electrogénicas en el potencial de membrana		
Unidad 4 Propiedades eléctricas de la membrana excitable (Violeta Lopez) 4.1 Representación del circuito equivalente 4.2 Conductancia de membrana a. Membrana lineal b. Membrana no lineal 4.3 Conductancias iónicas 4.4 El modelo de conductancia paralela 4.5 Relaciones corriente-voltaje a. Resistencias y conductancias: cuerdas y tangentes b. Modelo y cálculo de la resistencia de entrada de una célula excitable 4.6 Importancia de las propiedades electrotónicas de las neuronas 4.7 Célula isopotencial (esfera) a. La curva de carga y descarga: el modelo RC b. Cálculo de la constante de tiempo a partir de datos experimentales c. Cálculo de la capacitancia de la célula a partir de datos experimentales 4.8 Célula no isopotencial (cilindro) a. Unidades y definiciones b. La constante de espacio 4.8 Registros electrofisiológicos de célula única	**4**	
Unidad 5 Propiedades no lineales de la membrana excitable (Violeta Lopez) 5.1 Rectificación de membrana 5.2 Modelos para rectificación de membrana a. Modelo de campo constante (GHK) b. Modelo de barrera de potencial (teoría de la tasa de Eyring) c. El modelo de compuerta (modelo de Hodgkin y Huxley) c.1 Dependencia de tensión c.2 Dependencia del tiempo	**4**	
Unidad 6 Análisis de Hodgkin y Huxley del Axón Gigante de Calamar (Arturo Hernández y Violeta Lopez) 6.1Experimentos de fijación de voltaje en el axón del calamar	**4**	

a. Sistemas de fijación de voltaje y razones para la fijación de voltaje b. Registros de fijación de voltaje c. Relación corriente-voltaje instantánea d. g_{Na} y g_K del axón del calamar 6.2 Modelo de Hodgkin y Huxley 6.3 Propagación y no propagación de potenciales de acción a. Ecuaciones de Hodgkin y Huxley para la propagación y no propagación de potenciales de acción b. Variaciones en voltaje y en las corrientes durante la propagación y no propagación de potenciales de acción 6.4 Relaciones I-V simplificadas 6.5 Corriente de activación de compuerta		
Unidad 7 Diversidad funcional de las conductancias iónicas activadas por voltaje (Mario Arias) 7.1 Distribución celular de canales iónicos 7.2 Propagación del potencial de acción en axones mielinizados 7.3 Propiedades de diferentes corrientes en la membrana a. Corrientes de Na: rápida y lenta b. Corrientes de Ca b.1 Corriente de Ca de alto umbral Ica (L) b.2 Corriente de Ca de bajo umbral Ica (T) b.3 Corriente de Ca de alto umbral Ica (N) b.4 Corriente de calcio tipo P Ica (P) c. Corrientes de potasio c.1 Corrientes de K activadas por voltaje c.2 Corrientes de K activadas por calcio c.3 Otras corrientes de K d. Corrientes catiónicas no selectivas 7.4 Función de las diferentes corrientes sobre el potencial de membrana	**4**	
Unidad 8 Estructura molecular y corrientes unitarias de canales iónicos (Antonio Laville) 8.1 Estructura molecular de los canales iónicos 8.2 Registros de fijación de voltaje en parches de membrana de corrientes de canales unitarios 8.3 Propiedades descriptivas básicas de datos aleatorios a. 9.2.1 Valores cuadrados medios b. 9.2.2 Funciones de probabilidad c. 9.2.3 Función de covarianza C(t) y función de correlación R(t) d. 9.2.4 Función de potencia de densidad espectral S(f) d.1 Enfoque experimental d.2 Enfoque teórico 8.4 Análisis estadístico de la compuerta del canal 8.5 Función de densidad de probabilidad del canal	**4**	
Unidad 9 Transmisión sináptica I: Mecanismos presinápticos (Violeta Lopez) 9.1 ¿Por qué la transmisión sináptica química? 9.2 Transmisión química 9.3 Experimentos en la unión neuromuscular	**8**	

9.4 Tratamiento estadístico de la hipótesis cuántica a. Liberación espontánea b. Versión evocada b.1 Modelo de Poisson b.2 Modelo binomial b.3 Ejemplos b.4 Requisitos para el análisis cuántico 9.5 Plasticidades sinápticas dependientes del uso a. Facilitación, potenciación post-tetánica y depresión b. Potenciación a largo plazo 9.6 Transmisión sináptica entre neuronas centrales 9.7 Hipótesis del Ca residual 9.8 Acción cooperativa de iones Ca en la liberación del transmisor 9.9 Análisis biofísico de Ca y liberación del transmisor a. Fijación de voltaje de la sinapsis gigante del calamar b. Corrientes presinápticas de Ca c. Relación entre lca y la liberación del transmisor d. Acción cooperativa de Ca en la sinapsis del calamar e. Modelo para la liberación del transmisor en la sinapsis del calamar f. Retraso sináptico 9.10 Ca y plasticidad sináptica a. Depresión sináptica b. Facilitación c. Modulación presináptica de la emisión del transmisor 9.11 Mecanismos moleculares de liberación a. Hipótesis de la exocitosis temprana dependiente de Ca b. Poros de fusión c. Proteínas asociadas a vesículas: posibilidades para el receptor de Ca d. Dominios de calcio, zonas activas y amortiguamiento de calcio		
Unidad 10 Transmisión sináptica II: Mecanismos postsinápticos (Mario Arias) 10.1 Esquema general para canales activados por ligando 10.2 Conductancias sinápticas y potenciales de inversión a. Definicion de respuesta excitatoria e inhibitoria b. Análisis de fijación de voltaje de parámetros sinápticos (Curvas I-V) c. Conductancia y potenciales de inversión de entradas sinápticas no isopotenciales c.1 Potenciales de inversión y tasas de conductancia: General c.2 Potenciales de inversión y tasas de conductancia: Entradas sinápticas no isopotenciales c.3 Cambio de conductancia sináptica de entradas sinápticas no isopotenciaes 10.3 Cinética sináptica a. Teoría de la cinética del canal y el curso temporal de corrientes sinápticas b. Cinética de entradas sinapsis no isopotenciales	**4**	

10.4 Receptores de aminoácidos excitadores 10.5 Propiedades funcionales de las sinapsis a. Suma espacial b. Suma temporal 10.6 Respuestas sinápticas lentas: disminución de la conductancia de potenciales postsinápticos 10.7 Diversidad de neurotransmisores en el sistema nervioso central 10.8 Modelos compartamentales para una neurona 10.9 Espinas dendríticas y sus efectos sobre las entradas sinápticas a. Atenuación de potencial entre el cuello y la cabeza de la espina b. Sinapsis en la cabeza de la espina c. La atenuación de las entradas sinápticas por las espinas d.1 Atenuación de la corriente sináptica por una espina: Transferencia de carga sináptica d.2 Ejemplos de aumento de voltaje, atenuación de voltaje, y transferencia de carga para una espina típica.		
Unidad 11 Plasticidad sináptica (Violeta Lopez) El cambio en la forma de la espina como sustrato de la plasticidad sináptica a. Ejemplos de cambios en la forma de la espina y plasticidad sináptica Resumen de los posibles efectos de las espinas dendríticas Plasticidad sináptica a largo plazo a. Potenciación a largo plazo a.1 Definiciones a.2 Paradigmas de inducción a.3 Potencial post sináptico excitatorios (EPSP) vs. potenciación de EPSP a espiga (EPSP-S) a.4 La regla de Hebb para plasticidad sináptica a.5 Mecanismos celulares de la potenciación a largo plazo b. Depresión a largo plazo Aprendizaje asociativo y no asociativo	**4**	
Unidad 12 Estudio de circuitos neuronales Registros multiunitarios (Pavel Rueda) Registros de EEG (Mario Arias) Imagenología de calcio (Luis Carrillo) a. Generalidades microscopía b. Indicadores de calcio químicos y genéticamente codificados c. Análisis de ensambles neuronales	**8**	
Unidad 13 Circuitos y conducta Sensación y percepción (Violeta Lopez) Control motor (Fatuel Tecuapetla) Comportamiento motivado (Daniel Osorio) Atención y flexibilidad cognitiva (Mario Arias) Sueño y ritmos biológicos (Zeidy Muñoz)	**12**	
Total de horas teóricas	**64**	
Total de horas prácticas		
Suma total de horas	**64**	

(debe coincidir con el total de horas al semestre)		

Bibliografía básica

Johnston, Daniel and Wu, Samuel Miao-Sin; Foundations of cellular neurophysiology; MIT Press; 1995

Hille Bertil, Ion Channels of Excitable Membranes; Oxford University Press; 2001

Purves Dale et al. Neuroscience; Oxford University Press; 2011

Bibliografía complementaria

Hodgkin, A. L., & Huxley, A. F. (1952). "A quantitative description of membrane current and its application to conduction and excitation in nerve."

Neher, E., & Sakmann, B. (1976). "Single-channel currents recorded from membrane of denervated frog muscle fibres."

Llinás, R., & Yarom, Y. (1986). "Oscillatory properties of guinea-pig inferior olivary neurones and their pharmacological modulation: an in vitro study."

This paper contributes to the understanding of intrinsic neuronal oscillations and the role of ion channels in rhythmic activity.
Stuart, G., & Sakmann, B. (1994). "Active propagation of somatic action potentials into neocortical pyramidal cell dendrites."

Koch, C., Poggio, T., & Torre, V. (1983). "Nonlinear interactions in a dendritic tree: localization, timing, and role in information processing."

Bean, B. P. (2007). "The action potential in mammalian central neurons."

Rudy, B., & McBain, C. J. (2001). "Kv3 channels: voltage-gated K+ channels designed for high-frequency repetitive firing."

McCormick, D. A., Connors, B. W., Lighthall, J. W., & Prince, D. A. (1985). "Comparative electrophysiology of pyramidal and sparsely spiny stellate neurons of the neocortex."

Rall, W. (1959). "Branching dendritic trees and motoneuron membrane resistivity."

Eccles, J. C., Katz, B., & Kuffler, S. W. (1941). "Nature of the 'endplate potential' in curarized muscle."

Dale, H. H. (1935). "Pharmacology and nerve-endings."

Katz, B., & Miledi, R. (1968). "The role of calcium in neuromuscular facilitation."

Del Castillo, J., & Katz, B. (1954). "Quantal components of the end-plate potential."

Changeux, J. P., & Kasai, M. (1971). "On the cooperative nature of synaptic transmission: evidence for two cooperating transmitter substances."

Südhof, T. C., & Rothman, J. E. (2009). "Membrane fusion: grappling with SNARE and SM proteins."

Malenka, R. C., & Nicoll, R. A. (1999). "Long-term potentiation—a decade of progress?"

Schoch, S., Castillo, P. E., Jo, T., Mukherjee, K., Geppert, M., Wang, Y., ... & Südhof, T. C. (2002). "RIM1alpha forms a protein scaffold for regulating neurotransmitter release at the active zone."

Südhof, T. C. (2013). "Neurotransmitter release: the last millisecond in the life of a synaptic vesicle."

Sugerencias didácticas:	**Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:**
__X_ Exposición oral __X_ Exposición audiovisual _____ Ejercicios dentro de clase __X_ Ejercicios fuera del aula _____ Seminarios __X_ Lecturas obligatorias _____ Trabajos de investigación _____ Prácticas de taller o laboratorio _____ Prácticas de campo _____ Otros *(indicar cuáles)*	__X_ Exámenes parciales _____ Examen final escrito __X_ Tareas y trabajos fuera del aula __X_ Exposición de seminarios por los alumnos __X_ Participación en clase _____ Asistencia _____ Seminario _____ Otros *(indicar cuáles)*

Línea de investigación:
Historial de investigación sólido en neurofisiología célular. Participación en proyectos de investigación relacionados con la fisiología neuronal.

Perfil profesiográfico
Experiencia significativa como profesor o investigador en el campo de la neurofisiología celular.
Preferiblemente, experiencia en la enseñanza de cursos a nivel de posgrado o cursos avanzados en neurociencias.
Profundo conocimiento de los principios fundamentales de la neurofisiología celular, incluyendo la generación y propagación de potenciales de acción, neurotransmisión, y plasticidad sináptica.
Familiaridad con técnicas avanzadas de registro neuronal, como la microscopía de dos fotones, patch clamp, y técnicas de imagen celular.