



UNC

Universidad  
Nacional  
de Córdoba



FAMAF  
Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

<b>TÍTULO:</b>	<b>REDES NEURONALES</b>	
<b>AÑO:</b>	<b>2020</b>	<b>CUATRIMESTRE: SEGUNDO</b>
<b>CARGA HORARIA:</b>	<b>60 HORAS</b>	<b>No. DE CRÉDITOS:</b>
<b>CARRERA DE POSGRADO:</b>	<b>Doctorado en Física</b> <b>Doctorado en Ciencias de la Computación</b> <b>Doctorado en Neurociencias</b>	
<b>DOCENTE ENCARGADO:</b>	<b>FRANCISCO ANTONIO TAMARIT</b>	
<b>FUNDAMENTACIÓN</b>		
<p>El curso tiene como principal objetivo dotar a los estudiantes avanzados del área de neurociencia teórica y computacional del Doctorado en Neurociencias de la Universidad Nacional de Córdoba y de otras carreras afines de herramientas matemáticas y computacionales que le permitan encarar el desafío de modelar procesos neuronales, desde nivel molecular y celular hasta grandes redes de neuronas artificiales. El curso cubrirá tanto el modelado biológico de sistemas neuronales, como el estudio y uso de redes neuronales como instrumentos del aprendizaje automático. En particular se darán nociones básicas de aprendizaje profundo.</p>		

<b>MODALIDAD</b>
El curso se dictará virtualmente, por videoconferencia a través de la aplicación MEET (en su momento se brindará el enlace y la autorización). Tendrá una parte teórica de 40 horas, y una parte práctica de 20 horas.
<b>DÍAS DE CLASE</b>
Jueves y viernes de 17 hs a 21 hs. Comienza el jueves 3 de septiembre y finaliza el viernes 31 de octubre
<b>DESTINATARIOS</b>
El curso está orientado a estudiantes de posgrado con interés en neurociencia teórica y computacional. No es un curso introductorio y requiere de los siguientes conocimientos previos: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Álgebra lineal</li> <li>• Cálculo de una y varias variables</li> <li>• Elementos de probabilidad y estadística</li> <li>• Elementos de programación científica</li> </ul> <p>En particular se orienta a personas con formación en computación científica, matemática, ingenierías, astronomía, ciencias químicas y economía. Sin embargo, se aceptarán alumnos y alumnas con otras formaciones acreditan los conocimientos requeridos.</p>



UNC

Universidad  
Nacional  
de Córdoba



FAMAF  
Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

## PROGRAMA

### PRIMERA PARTE: Modelado matemático de sistemas neuronales

#### Unidad 1: Elementos de Sistemas dinámicos.

El concepto de sistema dinámico. El proceso de modelado. Linealidad vs. no linealidad. Describiendo un sistema dinámico desde el punto de vista matemático. Ecuaciones diferenciales ordinarias. Clasificación de Sistemas Dinámicos. Sistemas autónomos y no autónomos. Sistemas estacionarios vs. sistemas no estacionarios. Comportamiento caótico.

El caso unidimensional. Análisis geométrico de las soluciones. Puntos de equilibrio y el concepto de estabilidad. Análisis de estabilidad lineal. Existencia y unicidad. Diagramas de fases. Métodos numéricos para la resolución de ecuaciones diferenciales ordinarias. Método de Euler y métodos de Runge-Kutta de 2 y 4 orden. Análisis de bifurcaciones. El caso bidimensional. Análisis de estabilidad lineal. Clasificación de los puntos fijos. El plano de fase. Puntos fijos y linealización. Bifurcaciones en sistemas bidimensionales. El caso tridimensional y de dimensiones mayores a tres. El ejemplo del sistema de Lorenz. El concepto de caos. Atractores extraños. Sensibilidad a las condiciones iniciales. El exponente de Liapunov. El efecto de la dimensionalidad del sistema en su dinámica.

Sistemas discretos. Mapas unidimensionales. Puntos fijos. El mapa logístico. La ruta de duplicación de período al caos.

#### Unidad 2: Modelado matemático de neuronas.

Propiedades eléctricas de las neuronas. ¿Qué es una neurona artificial?. Neurona de McCulloch-Pitts. Modelos “integrate-and-fire”. Conductancias dependientes del voltaje. El modelo de Hodgkin-Huxley. Modelados de canales. Conductancia sináptica. Sinapsis en neuronas “integrate-and-fire”.

### SEGUNDA PARTE: Neurociencia computacional y sus aplicaciones al aprendizaje automático

#### Unidad 3: Introducción a las redes neuronales.

¿Qué es el aprendizaje automático? Repaso y presentación de diferentes problemas y técnicas. Aprendizaje de conceptos. Árboles de decisión. Evaluación de hipótesis. Aprendizaje Bayesiano. Conjuntos de clasificación. Reducción de dimensionalidad. Regresión lineal. Regresión no lineal y logística. Neuronas artificiales. Inspiración biológica. Historia. Redes de neuronas artificiales. La función de activación. Posibles arquitecturas.

**Unidad 4. Redes neuronales Feed-forward:** Reglas de la plasticidad sináptica. Aprendizaje no supervisado. El Perceptron simple. Neuronas escalón, lineales y no lineales. El método del descenso por el gradiente. El Perceptron multicapas. Separabilidad lineal. El método de back-propagation y algoritmos asociados. Generalización. Aproximación de funciones continuas. Algoritmos de crecimiento de arquitecturas. Aprendizaje no supervisado. Condicionamiento clásico. Aprendizaje



UNC

Universidad  
Nacional  
de Córdoba



FAMAF  
Facultad de Matemática,  
Astronomía, Física y  
Computación

reforzado. Aprendizaje representacional. Aprendizaje competitivo. Aplicaciones.

**Unidad 5: Redes neuronales recurrentes:** Inspiración biológica. Funciones de base radial. Redes de base radial. Algoritmos. Aplicaciones. El modelo de Hopfield para memoria asociativa. Capacidad de almacenamiento. Neuronas estocásticas. El modelo de la pseudo inversa. Dilución sináptica. Mapas auto organizados. Red neuronal de Kohonen. La máquina de Boltzmann. Autoencoders.

**Unidad 6: Aprendizaje profundo:** Introducción al aprendizaje profundo. Autoencoders apilados. Redes convolucionales. Red de creencia profunda. La máquina de Boltzmann profunda. Modelos generativos profundos. Aplicaciones y casos de éxito.

## BIBLIOGRAFÍA

### Primera Parte

- “Nonlinear dynamics and chaos”, S.H. Strogatz, Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
- “Theoretical neuroscience: computational and mathematical modeling of neural systems”, P. Dayan and L. Abbot, MIT Press, 2001

### Segunda Parte

- “Machine Learning”, T.M. Mitchell, McGraw-Hill, 1997.
- “Introduction to the Theory of Neural Computation”, J. Hertz, A. Krogh and R.G. Palmer, Santa Fe Institute, 1991.
- “Deep learning”, Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press, 2016
- “Neural Networks and Deep Learning”, Michael A. Nielsen, Determination Press, 2016

## CONTACTO E INFORMACIÓN

[francisco.tamarit@unc.edu.ar](mailto:francisco.tamarit@unc.edu.ar)

<https://www.famaf.unc.edu.ar/~ftamarit/redes2020/>