



**PROGRAMA DE CURSO DE POSGRADO**

<b>TÍTULO: Procesos dinámicos en redes complejas</b>	
<b>AÑO: 2022</b>	<b>CUATRIMESTRE Primero</b>
<b>CARGA HORARIA: 60</b>	<b>No. DE CRÉDITOS:3</b>
<b>CARRERA/S: Lic en Física</b>	
<b>DOCENTE ENCARGADO: Dr. Orlando V. Billoni</b>	

Fundamentación:

En los últimos años el estudio de la dinámica de sistemas que tienen una compleja estructura de conexiones ha recibido un gran impulso debido a la disponibilidad de una gran cantidad de datos y la existencia de recursos computacionales masivos. Por otra parte, estas redes complejas extensas se pueden encontrar en una gran cantidad de sistemas naturales y artificiales, tales como sistemas físicos, biológicos, sociales e infraestructuras tecnológicas. Dada la importancia de estos sistemas y/o estructuras, las investigaciones que exploran la dinámica y la evolución de redes ha concitado el interés de la comunidad de la física, ya que las herramientas de la mecánica estadística, y otros campos de la física, son fundamentales para analizar y entender estos sistemas. Por último, el estudio de las redes complejas son un ingrediente necesario para el estudio de los sistemas complejos en general; disciplina de gran auge en la actualidad.

Objetivos:

El objetivo principal de este curso consiste en proveer una introducción al marco teórico y las herramientas para la caracterización de redes complejas en general, realizando un análisis particular de diversos sistemas y/o estructuras. Además, se presentarán y analizarán los



principales modelos para la evolución y dinámica de procesos que tienen como soporte a las redes complejas, junto con una introducción al estado del arte de algunas ramas de esta disciplina.

## PROGRAMA

### **Unidad 1: Redes y grafos**

¿Qué es una red? Conceptos básicos de teoría de grafos. Caracterización estadística de una red. Redes pesadas.

### **Unidad 2: Redes y complejidad**

Redes y sistemas complejos reales. Tipos de redes. Complicado versus complejo.

### **Unidad 3: Modelos de redes**

Aleatoriedad y modelos de redes. Redes aleatorias exponenciales. Evolución de redes en la aproximación de no equilibrio. Modelado con estadísticas de orden mayor. Modelado de referenciales y validación de modelos.

### **Unidad 4: Introducción a los procesos dinámicos: teoría y simulaciones**

Una aproximación microscópica al proceso dinámico. Sistemas en equilibrio y fuera del equilibrio. Soluciones aproximadas de la ecuación maestra. Modelos basados en agentes y simulaciones numéricas.

### **Unidad 5: Transiciones de fase en redes complejas**

Transiciones de fase en el modelo de Ising. Estadística de equilibrio en los fenómenos críticos. El modelo de Ising en redes complejas. Dinámica en el proceso de ordenamiento. Teoría fenomenológica de la transición de fase.

### **Unidad 6: Resiliencia y robustez en redes**

Redes con daño. Percolación como una transición de fase. Percolación en redes complejas. Daño y resiliencia en redes. Ataque dirigido a nodos altamente conectados. Daño en redes reales.

### **Unidad 7: El fenómeno de sincronización en redes**

Marco conceptual. Osciladores acoplados idénticos. Acoplamiento no lineal: pulsos y disparos. Osciladores no idénticos: el modelo de Kuramoto. Caminos de sincronización en redes complejas. La sincronización como test de la topología.

### **Unidad 8: Búsqueda y navegación en redes**

Proceso de difusión y redes aleatorias. Difusión en redes dirigidas y algoritmos de evaluación. Estrategias de búsqueda en redes complejas.

### **Unidad 9: Propagación de epidemias en redes población**

Modelos de epidemia. Epidemias en redes heterogéneas. Brotes de epidemia en tiempos largos. Inmunización en redes heterogeneas. Redes complejas y propagación de epidemias.



### **Unidad 10: Redes sociales y comportamiento colectivo**

Influencia social. Rumores y propagación de información. Formación de opinión y modelo del votante. El modelo de Axelrod. El dilema del prisionero. Coevolución de opiniones en redes.

### **BIBLIOGRAFÍA**

#### **Basica:**

*Dynamical processes on Complex Networks*, Alain Barrat, Marc Barthélemy, and Alessandro Vespigniani. Cambridge, (2013).

*Networks: An Introduction*, M. E. J. Newman, Oxford University Press (2018).

#### **Complementaria:**

*Multilayer networks: structure and function*, Ginestra Bianconi, Oxford university press, 2018.

*Introduction to the theory of complex systems*. Stefan Thurner, Rudolf Hanel, and Peter Klimek, Oxford University Press, 2018.

### **MODALIDAD DE LA EVALUACIÓN**

El curso incluirá 7 guías de trabajos prácticos que serán evaluadas y que son requisito para aprobar el curso.

El examen consistirá en la exposición de algún tópico especial del curso.