

1. Nombre de la materia:	
Sistemas no lineales y estocásticos: una introducción interdisciplinaria a la dinámica de fenómenos complejos.	
2. Docente responsable:	
a- Nombre y Apellido: German Patterson b- Máximo título alcanzado: Doctor c- Correo electrónico: gpatters@itba.edu.ar	
3. Equipo docente:	
-	
4. Fechas:	
Inicio: 10/8/2026 Finalización: 26/11/2026	Finalización: 26/11/2026
5. Lugar de cursada:	
Sede ITBA: SRec, Presencial	
6. Días y horarios de cursada:	
Lunes y Jueves 10 h a 12 h o 14 h a 16h	
7. Presentación de la materia:	
El estudio de sistemas no lineales se ha convertido en una herramienta esencial para comprender fenómenos complejos en una amplia variedad de disciplinas científicas. Desde la dinámica de poblaciones biológicas hasta el comportamiento de circuitos electrónicos o reacciones químicas, los sistemas no lineales ofrecen un marco natural para describir procesos que escapan a una caracterización lineal simple. Este curso optativo está diseñado para introducir a estudiantes de doctorado en el análisis cualitativo y cuantitativo de sistemas no lineales, tanto deterministas como estocásticos, haciendo especial énfasis en la aplicación de herramientas matemáticas accesibles para interpretar fenómenos dinámicos de interés interdisciplinario. El curso está dividido en tres unidades temáticas. En la primera unidad se abordarán los sistemas de una dimensión, introduciendo conceptos fundamentales como puntos fijos, estabilidad y bifurcaciones. Estas herramientas permiten identificar distintos regímenes dinámicos y comprender cómo pequeños cambios en los parámetros pueden inducir transformaciones cualitativas en los comportamientos de los sistemas. La segunda unidad se enfocará en la extensión de estos conceptos a sistemas multidimensionales. Se tratarán técnicas de reducción de variables, clasificaciones de sistemas dinámicos, análisis de estabilidad mediante aproximaciones lineales, y el estudio de osciladores no lineales y de relajación. Además, se examinarán distintos tipos de bifurcaciones en espacios de mayor dimensión, consolidando una visión más general de los posibles comportamientos dinámicos en sistemas complejos. La tercera unidad estará dedicada al análisis de sistemas no lineales en presencia de ruido. Se introducirán modelos estocásticos y se discutirá el papel de las fluctuaciones en la dinámica de sistemas reales. Se estudiarán las distintas fuentes de ruido, su influencia sobre la estabilidad y la dinámica, y fenómenos como las transiciones inducidas por ruido y la aparición de comportamiento ordenado a partir de señales estocásticas. A lo largo del curso se trabajará con ejemplos provenientes de distintos campos de la ciencia y la ingeniería: modelos mecánicos, sistemas químicos fuera del equilibrio, circuitos genéticos, redes de regulación, entre otros. Esta diversidad de aplicaciones refleja el enfoque marcadamente interdisciplinario del curso, que busca brindar herramientas teóricas útiles para estudiantes provenientes de áreas como física, química, bioingeniería, electrónica, informática o ciencias aplicadas en general. El curso está dirigido a estudiantes de doctorado con conocimientos previos de análisis matemático y	



álgebra lineal. No se requieren conocimientos especializados en teoría de sistemas dinámicos, ya que el abordaje será introductorio, pero riguroso. El objetivo central es que los estudiantes adquieran la capacidad de modelar, analizar y comprender fenómenos dinámicos complejos mediante el uso de herramientas matemáticas simples.

8. Requisitos de admisibilidad:

- Análisis matemático.
- Álgebra lineal.

9. Duración en hs.

Horas teóricas: 20
Horas prácticas: 40
Horas totales: 60

10. Idioma del dictado:

Castellano.

11. ¿Podría dictarse una versión en idioma inglés?:

Sí.

12. Objetivos de aprendizaje:

- 1- Análisis de sistemas no lineales deterministas.
- 2- Influencia del ruido en la dinámica de los sistemas no lineales.
- 3- Conceptos y métodos de análisis a problemas reales en diversas disciplinas científicas.

13. Contenidos:

UNIDAD 1: SISTEMAS EN UNA DIMENSIÓN

- puntos fijos y estabilidad
- análisis de estabilidad lineal
- potenciales
- resolución numérica
- bifurcaciones, pt 1
- movimiento periódico

UNIDAD 2: SISTEMAS EN DOS DIMENSIONES

- clasificación de sistemas lineales
- aproximación lineal y análisis de estabilidad
- sistemas conservativos
- osciladores de relajación
- osciladores no lineales
- bifurcaciones, pt 2

UNIDAD 3: RUIDO Y VARIABILIDAD EN SISTEMAS NO LINEALES

- descripción estocástica de fenómenos
- fenómenos inducidos por ruido
- fuentes de ruido: interno y externo
- transiciones de orden inducidas por ruido

14. Trabajo de laboratorio:

El curso no contempla trabajo de laboratorio

15. Metodología de enseñanza:

El curso combinará clases teóricas con instancias prácticas de análisis y simulación. Las clases teóricas estarán orientadas a introducir los conceptos fundamentales y las herramientas analíticas necesarias para el estudio de sistemas no lineales. Estas se complementarán con la resolución de ejercicios y simulaciones computacionales que permitan afianzar los contenidos. La metodología de enseñanza estará basada en:

- Resolución de problemas en clase, con énfasis en la interpretación cualitativa de los resultados y en la conexión con fenómenos reales.
- Discusión interdisciplinaria de modelos tomados de la física, la biología, la química y la ingeniería.
- Actividades computacionales (en Python o software similar) para explorar la dinámica de los sistemas mediante simulaciones numéricas.
- Lectura y análisis de artículos científicos seleccionados, con el fin de vincular los contenidos del curso con investigaciones actuales.
- Un trabajo integrador, en el que cada estudiante (o grupo) elija un sistema de su área de interés para modelar, analizar y discutir utilizando las herramientas vistas en el curso.

16. Bibliografía obligatoria:

- Strogatz, S. H. (2015). Nonlinear dynamics and chaos: With applications to physics, biology, chemistry, and engineering (2nd ed.). Westview Press.
- Van Kampen, N. G. (2007). Stochastic processes in physics and chemistry (3rd ed.). Elsevier.
- Izhikevich, E. M. (2007). Dynamical systems in neuroscience: The geometry of excitability and bursting. MIT Press.
- Gardiner, C. W. (2009). Stochastic methods: A handbook for the natural and social sciences (4th ed.). Springer.

17. Bibliografía complementaria:

- Lindner, B., García-Ojalvo, J., Neiman, A., & Schimansky-Geier, L. (2004). Effects of noise in excitable systems. Physics Reports, 392(6), 321–424. <https://doi.org/10.1016/j.physrep.2003.10.015>
- Wiesenfeld, K., & Moss, F. (1995). Stochastic resonance and the benefits of noise: From ice ages to crayfish and SQUIDs. Nature, 373(6509), 33–36. <https://doi.org/10.1038/373033a0>
- García-Ojalvo, J., Elowitz, M. B., & Strogatz, S. H. (2004). Modeling a synthetic multicellular clock: Repressilators coupled by quorum sensing. Proceedings of the National Academy of Sciences, 101(30), 10955–10960. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307095101>

18. Recursos didácticos para la enseñanza:

- Presentaciones de las clases elaboradas por el docente.
- Pizarra para la resolución de problemas durante la clase.
- Bibliografía especializada y artículos científicos.
- Software de simulación: Python, Octave y similares.
- Cuadernos online interactivos.
- Plataforma virtual Campus.

19. Modalidad de evaluación:

Los trabajos prácticos serán evaluados con un examen parcial y trabajos computacionales. Habrá una posibilidad de recuperar el examen en caso de desaprobación. Finalmente, un examen o trabajo integrador se utilizará como evaluación final del curso. La modalidad particular quedará a decisión de la cátedra.

20. Requisitos de aprobación:

- Asistencia mínima del 80% a las clases
- Aprobación en tiempo y forma del examen parcial y trabajos computacionales
- Aprobación de la evaluación final
- Calificación: de 0 a 10, con 4 como nota mínima de aprobación. Esta nota se calcula ponderando:
 - 40% calificación de parcial y trabajos prácticos
 - 60% examen o trabajo final

