

# INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA DEL CAOS (FIS-309)

Docente: Marcelo Ramírez

Gestión: I/2020

**OBJETIVOS GENERALES:** La presente asignatura pretende:

- Revisar los conceptos de la mecánica clásica y las limitaciones de los mismos de manera que el estudiante perciba la importancia de la dinámica no lineal.
- Mostrar lo vasta que puede ser la dinámica no lineal al abordar problemas en diferentes ramas de la ciencia.
- Introducir a los estudiantes al formalismo de la dinámica no lineal enfatizando en la importancia del análisis de estabilidad lineal.
- Encarar el estudio de sistemas que pueden conducir al caos, adquiriendo las herramientas formales del análisis de bifurcación.
- Introducir formalmente al estudiante al estudio de sistemas caóticos utilizando para ello herramientas tales como el mapa de Poincaré, la dimensión fractal y los exponentes de Lyapunov.
- Hacer una revisión de los sistemas dinámicos más populares tales como la aplicación logística, el modelo de Lorenz y el modelo de Rössler.
- Que el estudiante se interese en la investigación tanto experimental, teórica como numérica de fenómenos no lineales de diversa índole.

**OBJETIVOS ESPECÍFICOS:** Un adecuado avance de la materia por parte del docente complementado con un seguimiento sistemático de los estudiantes permitirá que los mismos puedan:

- Establecer claramente las diferencias entre sistemas lineales y no lineales.
- Utilizar las herramientas matemáticas aprendidas en los cursos de tercer semestre, principalmente, ecuaciones diferenciales, cálculo vectorial y tensorial, así como cálculo numérico.
- Tener una noción clara de lo que es un sistema dinámico, en particular un sistema no lineal.
- Comprender claramente la forma de realizar un análisis de estabilidad lineal y su importancia para describir el comportamiento de un sistema dinámico no lineal.
- Ser capaces de realizar un análisis de bifurcación y de reconocer los diferentes tipos de bifurcación que pueden presentarse en sistemas dinámicos no lineales.
- Tener en claro el concepto de fractal y de dimensión fractal en relación a aspectos tales como la invarianza de escala.
- Comprender los aspectos más importantes del caos determinista y la determinación de caos en sistemas dinámicos no lineales.
- Entender cómo ocurren las rutas al caos.
- Calcular diferentes cantidades que caracterizan a los sistemas caóticos, tales como constantes de Feigenbaum, exponentes de Lyapunov, dimensión de un atractor extraño, mapas de Poincaré, etc.
- Describir apropiadamente un mapa logístico y otros sistemas caóticos discretos y continuos.
- Darse cuenta de la importancia de los conceptos ligados al caos clásico.
- Motivarse para poder desarrollar aplicaciones experimentales y/o numéricas para reforzar los aspectos netamente formales.

## **PROGRAMA ANALÍTICO**

### **Capítulo I INTRODUCCIÓN**

El por qué de la ciencia no lineal. Aspectos históricos. Ejemplos de sistemas no lineales en Física, Química y Biología.

### **Capítulo II ALGUNAS BASES FÍSICO-MATEMÁTICAS**

Físicas microscópica y macroscópica: Mecánica Clásica y de Fluidos. Variables conservativas y no conservativas. El espacio de fases. Sistemas conservativos y disipativos. Atractores.

### **Capítulo III ESTABILIDAD LINEAL**

Estabilidad. El principio de estabilidad lineal. Ejemplos de análisis de estabilidad lineal para sistemas con una, dos, tres y más variables.

### **Capítulo IV ANÁLISIS DE BIFURCACIÓN**

Métodos perturbativos: Desarrollo perturbativo multiescala. Bifurcación transcítica. Bifurcación de la horca (pitchfork). Bifurcación punto límite. Bifurcación de Hopf. Bifurcación en cascada.

### **Capítulo V DINÁMICA CAÓTICA**

El mapa de Poincaré. Mapas unidimensionales. Herramientas de la teoría del caos. Caminos hacia el caos. Caos completamente desarrollado. Atractores extraños. Ejemplos de sistemas caóticos. Exponentes de Lyapunov.

#### **EVALUACIÓN:**

- 2 exámenes parciales (\*) 25% c/u .....50%
- Examen final.....30%
- Seminario.....20%

(\*) La materia para los exámenes parciales es acumulativa

#### **HORARIOS:**

Martes y jueves 12:00 – 14:00 (Sala audiovisual 1 AV1).

**PLANIFICACIÓN:** Las actividades están planificadas de acuerdo al siguiente cronograma:

- Primer parcial.....martes 21 de abril.
- Segundo parcial.....martes 9 de junio.
- Seminario (+).....jueves 11 de junio.
- Recuperatorio (\*)......martes 16 de junio.
- Examen final.....jueves 18 de junio.
- Entrega de notas.....viernes 19 de junio.

(\*) El recuperatorio reemplaza la nota de uno de los parciales y es de toda la materia avanzada.

(+) El seminario será de temas de actualidad de Dinámica No Lineal y/o complementarios al curso, debiendo ser presentado en forma escrita y defendido oralmente (de preferencia en idioma inglés).

### CRONOGRAMA DE AVANCE DE MATERIA

Mes/Capítulo	1	2	3	4	5
Febrero					
Marzo					
Abril					
Mayo					
Junio					

### CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad/Mes	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
Inicio de gestión	11				
Meeting on Collective Animal Behaviour		16-27			
Primer parcial			21		
Segundo parcial					9
Seminario					11
Recuperatorio					16
Examen final					18
Entrega de notas					19

### BIBLIOGRAFÍA:

- *Introduction to Nonlinear Science*. G. Nicolis. Cambridge University Press, 1995.
- *Nonlinear Dynamics and Chaos*. S. H. Strogatz. Addison-Wesley, 1994.
- *Understanding Nonlinear Dynamics*. D. Kaplan & L. Glass. Springer-Verlag, 1995.
- *Artículos de diferentes revistas*: Physical Review Letters, Physical Review E, Physica D, International Journal of Bifurcation & Chaos, etc.

La Paz, 11 de febrero de 2020