
Nombre de la unidad curricular: Dinámica de Sistemas Complejos

Licenciaturas: Física

Frecuencia y semestre de la formación al que pertenece: semestre impar

Créditos asignados: 14 - Área Otras disciplinas científicas y tecnológicas

Nombre del/la docente responsable: Hugo Fort

E-mail: hugo@fisica.edu.uy

Requisitos previos: 28 créditos en el área Física, 30 créditos en el área Matemática

Ejemplos de unidades curriculares de Facultad de Ciencias u otros que aportan dichos conocimientos:

Conocimientos adicionales sugeridos:

Cálculo I, Cálculo II, Física General I y II

Termodinámica, Álgebra, Estadística

Objetivos de la unidad curricular:

a) Herramientas, conceptos y habilidades que se pretenden desarrollar

Utilizaremos la Teoría de los Sistemas Dinámicos a problemas planteados en diferentes contextos, principalmente de la Física y la Biología pero también de la Economía e Ingeniería.

Modelado de dinámica de sistemas no lineales mediante tratamiento analítico así como cálculo numérico (simulaciones).

b) En el marco del plan de estudios

Temario sintético de la unidad curricular:

- 1) INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS
- 2) SISTEMAS DE UNA ESPECIE (FLUJOS UNIDIMENSIONALES) NO ESPACIALES
- 3) SISTEMAS DE DOS ESPECIES (FLUJOS BIDIMENSIONALES) NO ESPACIALES
- 4) SISTEMAS DE n ESPECIES (FLUJOS MULTIDIMENSIONALES) NO ESPACIALES
- 5) MODELOS ESPACIALES CON AUTÓMATAS CELULARES.

Temario desarrollado:

- 1) INTRODUCCIÓN Y CONCEPTOS BÁSICOS
 - 1.1 De los Problemas Reales a los Sistemas Dinámicos. Gilmore
 - 1.2 La Importancia de Ser No Lineal. Strogatz
 - 1.3 Estabilidad Lineal. Strogatz
 - 1.4 Tiempo continuo vs. tiempo discreto Fort.

2) SISTEMAS DE UNA ESPECIE (FLUJOS UNIDIMENSIONALES) NO ESPACIALES

2.1 El crecimiento auto-regulado: La ecuación logística. Boccara, Brauer, Murray, Pastor.

2.2 Distintos tipos de Consumo (pastoreo, pesquerías, etc).

2.3 Estados Alternativos y Transiciones Catastróficas.

2.3A El Modelo Spruce-Budworm o LJH. Boccara, Murray, Pastor

2.3B Conceptos Básicos de la Teoría de Catástrofes. Gilmore

2.3C La catástrofe cuspidal y el Modelo de Guinzburg-Landau. Gilmore

2.3D Extensión de la Teoría de Catástrofes a parámetros dinámicos: Convenciones de Retraso y de Maxwell. Gilmore

2.4 Teoría Elemental de Bifurcaciones Boccara, Pastor, Strogatz

2.4A Forma Canónica de las Bifurcaciones. Boccara, Murray, Pastor

Bifurcaciones Saddle-Node, Transcrítica y Tridente.

2.4B Catástrofes como Bifurcaciones Imperfectas.

3) SISTEMAS DE DOS ESPECIES (FLUJOS BIDIMENSIONALES) NO ESPACIALES

3.1 Dinámica de Predador-Presa. Boccara, Murray, Pastor, Strogatz

3.1 A Modelo de Lotka Volterra Predador Presa. Oscilaciones y Principio de Volterra.

3.1 B Plano de Fases y Estabilidad Lineal.

3.2 Modelos Realistas de Predador Presa.

Aplicaciones a la Producción Ganadera.

3.3 Ciclos Límite. Strogatz

3.3 A Descartando la existencia de órbitas cerradas: sistemas conservativos criterio de Liapunov.

Existencia de trayectorias cerradas: Teorema de Poincaré-Bendixon.

3.3 B Ejemplos: Glicólisis y oscilador de van der Pol.

3.4 Bifurcaciones en dos dimensiones Strogatz, Lynch

Bifurcación de Hopf.

3.5 Competencia y Principio de Exclusión Competitiva. Murray, Pastor

3.6 Mutualismo. Murray, Pastor

Mutualismo Facultativo y obligatorio.

4) SISTEMAS DE n ESPECIES (FLUJOS MULTIDIMENSIONALES) NO ESPACIALES

4.1 Modelos Generalizados de Lotka-Volterra. Fort, May, Murray, Pastor

4.2 Competencia en el Espacio de Nichos. May

4.3 El Modelo de Cuasiespecies. Hofbauer and Sigmund

4.4 La Dinámica de Replicador para modelar la selección natural. Nowak

4.5 Replicador con mutaciones. Nowak

4.6 Modelos de epidemias SIR. Murray

5) MODELOS ESPACIALES CON AUTOMATAS CELULARES.

5.1 Autómatas Unidimensionales Binarios Elementales Wolfram.

5.1A Conceptos Básicos

5.1B Propiedades Locales

5.1C Propiedades Globales

5.1D Clasificación del Comportamiento de los Autómatas Celulares.

- 5.2 Autómatas Unidimensionales No Elementales
 - 5.2A La 'Pila de Arena' y Criticalidad Autoorganizada.
 - 5.2B El modelo de Bak Sneppen aplicado a evolución en tiempo real de bacterias.
 - 5.3 Autómatas Bidimensionales. Chopard, Bar Yam
 - 5.3.A El 'Juego de la Vida' de Conway.
 - 5.3.B Incendios Forestales.
 - 5.3.C Gas en una Red .
 - 5.3.D Modelo de Segregación Social de Schelling.
 - 5.4 Aplicación: Señales de Alerta Temprana de Transiciones Catastróficas Fort.
-

Bibliografía

a) Básica:

- ? Bar-Yam Y., Dynamics of Complex Systems, Westview Press 2003 Caps. 1,6-8). Se encuentra en su totalidad en la web en: <http://necsi.net/publications/dcs/>
- ? Boccara N., Modeling Complex Systems, New York, Springer-Verlag,. 2004 Caps. 2,3,4,6,8).
- ? Brauer F. and Castillo-Chávez C., Mathematical Models in Population Biology and Epidemiology, Springer, New York, 2001
- ? Chopard B. and Droz M., Cellular Automata Modeling of Physical Systems, Cambridge Univ. Press 2005 Caps. 1-3).
- ? Fort, H. Ecological Modelling and Ecophysics: Agricultural and environmental applications (IOP ebooks), IOP, Bristol, UK 2020.
- ? Gilmore R, Catastrophe Theory for Scientists and Engineers, Dover 1981.
- ? Lynch, Dynamical Systems with Applications using MATLAB, Birkhäuser, 2003.
- ? Murray J. D., Mathematical Biology 2nd ed. Springer Verlag, 1993 Caps. 3 y 4).
- ? Nowak M., Evolutionary Dynamics: Exploring the Equations of Life, Harvard University Press 2006.
- ? Pastor J., Mathematical Ecology of Populations and Ecosystems, Wiley-Blackwell 2008 Caps.3,5-10)
- ? Sigmund K. and Hofbauer J., Evolutionary Games and Population Dynamics, Cambridge University Press, 1998)
- ? Strogatz S, Nonlinear Dynamics and Chaos with Applications to Physics, Biology, Chemistry and Engineering, Perseus, 1994 Caps 1-8).
- ? Wolfram S., Cellular Automata and Complexity, 1994 Cap. 5).

b) Complementaria:

? J. Maynard Smith and E. Szathmáry, The Major Transitions in Evolution, Oxford Univ. Press 1995.

Modalidad cursada: No presencial, 2 sesiones semanales

Metodología de enseñanza: Clases magistrales teórico-prácticas, con resolución de ejemplos y problemas prácticos

Duración en semanas: 15

Carga horaria total: 210

Carga horaria detallada:

a) Horas aula de clases teóricas: 40

b) Horas aulas de clases prácticas: 20

c) Horas de seminarios: 12

d) Horas de talleres:

e) Horas de salida de campo:

f) Horas sugeridas de estudio domiciliario durante el período de clase: 144

Sistema de APROBACIÓN final

Tiene examen final: Si

Se exonera el examen final: Si

Nota de exoneración (del 3 al 12): 5

Sistema de GANANCIA

a) Características de las evaluaciones:

- ? Entrega y presentación de Ejercicios: hasta 30 puntos.
- ? Seminarios de presentación de artículos: hasta 20 puntos.
- ? Proyecto de Fin de Curso (incluye presentación oral): hasta 50 puntos.

Se requiere un mínimo de 61 puntos para aprobar el examen.

b) Porcentaje de asistencia requerido para ganar la unidad curricular: 0

c) Puntaje mínimo individual de cada evaluación y total: ver arriba

d) Modo de devolución o corrección de pruebas:

COMENTARIOS o ACLARACIONES:

Se trata de un curso destinado a clases diferentes de estudiantes tanto de grado como de postgrado en:

- a) Física (todas las opciones)
- b) Agronomía
- c) Biología (opciones Biofísica, Biomatemática, Ecología, Biofísica y Virología)
- d) Geociencias
- e) Ingeniería