

PRONTUARIO

TÍTULO:	Modelaje matemático en sistemas biológicos
CODIFICACIÓN:	MAT 380
PRERREQUISITO:	MAT 201, BIO 111-112
CRÉDITOS:	3 créditos 45 horas contacto 1 término

DESCRIPCIÓN

Este curso es dictado por un equipo de profesores expertos y va dirigido a alumnos con al menos un semestre de cálculo en una variable y un año de biología general. Su objetivo es enseñar a desarrollar modelos matemáticos de sistemas o fenómenos biológicos complejos. Esto se logra mediante la ejecución de tres gestiones presentes en todo proceso de modelaje matemático. Primero el estudiante aprende a traducir observaciones empíricas a expresiones matemáticas. En esta fase, el alumno también explora las ecuaciones propuestas para hallar posibles desprendimientos analíticos del modelo. En segundo lugar se ilustra cómo implementar el modelo de forma numérica permitiendo esto la simulación del proceso emulado. El curso enfatiza la implementación del modelo independiente de la plataforma computacional a usarse. Por tanto, se capacita al aprendiz a correr las simulaciones con distintos programas numéricos (Excel, Mathematica, etc.). Finalmente, se explica cómo analizar e interpretar las simulaciones computacionales para así refinar el modelo y contrastarlo con datos experimentales reales.

JUSTIFICACIÓN

Se les denominan características emergentes a aquellos atributos macroscópicos de un sistema biológico o físico que no están presentes en la escala microscópica. Esto implica que la experimentación que fragmenta un fenómeno a sus partículas más simples no augura mucho éxito en la resolución de los mecanismos emergentes. La física y la ingeniería demuestran que no es posible elucidar la génesis de la emergencia si la experimentación no es propulsada por modelos matemáticos. Es por esto que, hoy día, las investigaciones que buscan explicar las propiedades emergentes de fenómenos biológicos complejos son inotivadas por ideas de naturaleza fundamentalmente matemática. Este curso actualiza el programa académico y lo atempera a las nuevas tendencias en las ciencias matemáticas y biológicas.

COMPETENCIAS

El curso desarrolla en el o la estudiante las siguientes competencias:

- **Cuestionamiento crítico**
- **Comunicación**

OBJETIVOS

Al finalizar el curso el o la estudiante será capaz de:

1. Traducir hallazgos experimentales a expresiones matemáticas.
2. Programar rutinas numéricas en plataformas especializadas para modelaje.
3. Demostrar destrezas para implementar modelos propios y de otros autores en distintos programas computacionales.
4. Optimizar el modelo propuesto mediante el contraste a datos experimentales.
5. Demostrar capacidad para proveer alternativas para situaciones no resueltas o incompletas.
6. Manejar plataformas computacionales sofisticadas como Mathematica.

CONTENIDO

- I. Introducción General
 - A. Reseña del curso
 1. Propósitos y metas
 2. Metodología
 3. Evaluación
 - B. ¿Qué es modelaje matemático?
 - C. Importancia de los modelos matemáticos
 1. Modelos matemáticos que revelan mecanismos subyacentes de fenómenos inteligibles
 2. Modelos matemáticos como propulsores de la experimentación y el desarrollo tecnológico
 3. Modelos matemáticos que explican las propiedades emergentes en sistemas complejos.
 - D. Las tres fases del modelaje matemático
 1. Conversión de hallazgos experimentales a expresiones matemáticas
 2. Implementación computacional
 3. Interpretación y optimización
 - E. Tipos de modelos
 1. Determinísticos
 2. Estocásticos
 - F. Introducción a Excel y Mathematica

II. Temas matemáticos

A. Álgebra lineal

1. Solución de sistemas lineales: Eliminación Gauss-Jordan, Ecuación Matriz, Regla de Cramer

B. Relaciones de recurrencia

C. Sistemas dinámicos

1. Fractales
2. Caos

D. Solución de ecuaciones no lineales

1. Método de bisección
2. Método de Newton-Raphson
3. Método de la secante

E. Ecuaciones diferenciales ordinarias

1. Solución analítica
2. Solución numérica
 - a. Método de Euler
 - b. Método de Heun
 - c. Método Runge-Kutta
3. Fuentes de error en la solución numérica
 - a. Error por discretización
 - b. Propagación del error

III. Formulación de modelos

A. Ejemplos:

1. Función sináptica y el potencial de acción
2. Función cardiovascular y renal
3. Función respiratoria
4. Modelo del circuito tálamo-cortical
5. Ecuaciones de Lotka-Volterra
6. Modelo de transducción de señales
7. Contracción muscular: Modelo del ciclo de puentes cruzados
8. Control de la expresión genética

IV. Implementación de modelos

- A. Reducción de ecuaciones diferenciales a expresiones algebraicas
- B. Programación de rutinas numérica

V. Interpretación de las simulaciones

- A. Comparación con datos empíricos
- B. Refinamiento del modelo
- C. Pronósticos

METODOLOGÍA

Se recomiendan las siguientes estrategias de la metodología de aprendizaje activo:

- Flipped classroom
- Discusión de problemas
- Aprendizaje colaborativo
- Trabajo en equipo
- Coaching orientado a procedimientos y solución de problemas
- Demostración y ejercicios prácticos
- Autoevaluación y evaluación de pares
- Conferencias
- Problemas
- Programación de rutinas numéricas
- Proyectos
- Análisis de lecturas
- Presentaciones orales
- Razonamiento matemático

EVALUACIÓN

Problemas	25%
Proyectos	50%
Presentaciones final	<u>25%</u>
Total	100%

RECURSOS

Acceso a computadoras Wolfram Alpha Mathematica
Excel
Materiales en línea

AVALÚO DEL APRENDIZAJE

Se aplica la rúbrica de avalúo institucional a la actividad central del curso.

BIBLIOGRAFÍA

Adler F. R. (2012). *Modeling the dynamics of life.* *Calculus and probability for the life scientists* (3rd ed.). Thomson Brooks/Cole.

Deem, M. W. (2007). Mathematical adventures in biology. *Physics Today*, (1), 4.

- Hoppensteadt F. C., & Peskin, C. S. (2002). *Modeling and simulation in medicine and the life science* (2nd). Springer.
- KimmeL, M. (2010). Evolution and cancer: A mathematical biology approach (Editorial). *Biology Direct*.
- Nakamura S. (2001). *Numerical analysis and graphic visualization in MATLAB* (2nd). Prentice Hall.
- Rao, S. S. (2002) *Applied numerical methods for engineers and scientists*. Prentice Hall.
- RubinoW S. I. (2002). *Introduction to mathematical Biology*. Dover.
- Strogatz S. H. (2001). *Nonlinear dynamics and chaos, with applications to physics, biology, chemistry and engineering*. Perseus Books.
- Tomlin, C. J., & Axelrod, J. D. (2007). Biology by numbers: Mathematical modelling in developmental biology. *Nature Reviews Genetics*, (5), 331.
- Wolfram S. (2003). *The Mathematica book* (5th ed.). Wolfram Media.
- Zill D. G., & Wright, W. S. (2012). *Differential Equations with boundary-value problems* (8th ed.), Brooks/Cole.
- Zheng, Y., & Sriram, G. (2010). Mathematical modeling: Bridging the gap between concept and realization in synthetic biology. *Journal of Biomedicine & Biotechnology*, 16p. doi:10.1155/2010/541609.

Puede encontrar más recursos de información relacionados a los temas del curso en la página de la biblioteca <http://biblioteca.sagrado.edu/>

ACOMODO RAZONABLE

Para obtener información detallada del proceso y la documentación requerida, debe visitar la oficina correspondiente. Para garantizar igualdad de condiciones, en cumplimiento de la Ley ADA (1990) y el Acta de Rehabilitación (1973), según enmendada, todo estudiante que necesite servicios de acomodo razonable o asistencia especial deberá completar el proceso establecido por la Vicepresidencia de Asuntos Académicos.

INTEGRIDAD ACADÉMICA

Esta política aplica a todo estudiante matriculado en la Universidad del Sagrado Corazón para tomar cursos con o sin crédito académico. Una falta de integridad académica es todo acto u omisión que no demuestre la honestidad, transparencia y responsabilidad que debe caracterizar toda actividad académica. Todo estudiante que falte a la política de honradez, fraude y plagio se expone a las siguientes sanciones: recibirá nota de cero en la evaluación y/o repetición del trabajo en el seminario, nota de F(*) en el seminario: suspensión o expulsión según se establece en el documento de Política de Integridad Académica con fecha de efectividad de noviembre 2022.

Derechos reservados | Sagrado | Noviembre, 2022 (2013)