Es indispensable seguir las siguientes indicaciones al momento de completar el formato para que el Comité Académico del Posgrado considere esta propuesta.

* Completar únicamente los campos vacíos y no cambiar la información marcada con color gris.
* En el índice y contenido temático, cada tema o subtema debe desarrollarse por fila.
* El perfil profesiográfico se refiere a las características y/o experiencia profesional y académica que se requiere para impartir los temas de esta actividad académica.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  **PROGRAMA DE POSGRADO**  **MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA SOSTENIBILIDAD**  **Programa de actividad académica** | | | | | | |
| **Denominación:** Modelación para la sostenibilidad con el enfoque de sistemas complejos. | | | | | | |
| **Clave:**  No llenar | **Semestre:**  3º | **Campo de conocimiento:**  Ninguno | | | | **No. Créditos:**  8 |
| **Carácter:** Optativa | | | **Horas a la semana** | | **Total de horas por semana** | **Total de horas al semestre** |
| **Tipo:** Teórico ( ) Práctico ( )  Teórico-práctico ( X ) | | | **Teoría:** | **Práctica:** | **4** | **64** |
| **24** | **40** |
| **Modalidad:** Curso ( ) Taller ( )  Curso-taller (X ) | | | **Duración del programa:** Semestral | | | |

|  |
| --- |
| **Seriación: No ( ) Si ( X ) Obligatoria ( ) Indicativa ( )**  **Actividad académica subsecuente:** Ninguna  **Actividad académica antecedente:** Principios de Sostenibilidad, Herramientas Analíticas en las Ciencias de la Sostenibilidad y Herramientas para la Investigación Transdisciplinaria |
| **Objetivo general:** El estudiante conocerá y practicará con un conjunto de herramientas de simulación numérica que abordan aspectos fundamentales de los sistemas complejos, y aprenderá cómo se vinculan con el tema de la sostenibilidad. |
| **Objetivos específicos:**  Que el estudiante adquiera la capacidad de esbozar respuestas a preguntas como las siguientes,   1. ¿Cómo puedo optimizar un problema compuesto por varios procesos que pueden ser antagónicos? 2. ¿Cómo puedo saber si la representación de un sistema (i.e. vínculos entre variables) es la adecuada? 3. ¿Cómo cambia el sistema a lo largo del tiempo? ¿Qué determina este cambio? ¿Cuál es la importancia relativa de las variables que lo conforman? 4. ¿Cómo responderá el sistema ante perturbaciones? |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Índice temático** | | | |
| **Unidad** | **Tema** | **Horas** | |
| **Teóricas** | **Prácticas** |
| 1 | Introducción | 4 |  |
| 2 | Modelos de ecuaciones estructurales para evaluar relaciones complejas unidireccionales | 4 | 8 |
| 3 | Modelos de equilibrio parcial | 4 | 8 |
| 4 | Modelación global y programación lineal | 4 | 8 |
| 5 | Una primera aproximación a los modelos dinámicos. Redes booleanas | 4 | 8 |
| 6 | Ecuaciones diferenciales no lineales para analizar sistemas biológicos que procesan señales ambientales | 4 | 8 |
| **Total de horas:** | | **24** | **40** |
| **Suma total de horas:** | | **64** | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Contenido Temático** | |
| **Unidad** | **Tema y subtemas** |
| **1** | **Introducción** |
| 1.1 | Conceptos de la teoría de la complejidad y su posible vínculo con la sostenibilidad (1h) |
| 1.2 | Nodos y aristas (1): una representación compartida para múltiples modelos (0.5h). |
| 1.3 | Nodos y aristas (2): modelación “estática” y dinámica (0.5h). |
| 1.4 | Elementos de las plataformas de modelación R y RStudio (2h) |
|  |  |
| 2 | **Modelos de ecuaciones estructurales (SEMs) para evaluar relaciones complejas unidireccionales** |
| 2.1 | Historia: De los diagramas de rutas a las ecuaciones estructurales (1h) |
| 2.2 | Hipótesis sobre sistemas complejos representadas como gráficos acíclicos dirigidos (1h) |
| 2.3 | Ejemplo 1: SEM por pedazos para evaluar sustentabilidad de producción agrícola (4 h) |
| 2.4 | Ejemplo 2: SEM basados en matrices de varianza-covarianza para evaluar el impacto de tecnologías de ahorro de energía (4 h) |
| 2.5 | Reporte gráfico (¡y bonito!) de un SEM (2h) |
|  |  |
| **3** | **Modelos de equilibrio parcial** |
| 3.1 | La optimización de procesos como herramienta para implementar estrategias sostenibles (2h) |
| 3.2 | Elementos de álgebra lineal y optimización (2h) |
| 3.3 | Modelos de equilibrio parcial. Caso 1 (2h) |
| 3.4 | Modelos de equilibrio parcial. Caso 2 (3h) |
| 3.5 | Modelos de equilibrio parcial. Caso 3 (3h) |
|  |  |
| **4** | **Modelación global y programación lineal** |
| 4.1 | Principios de ecología global (2hrs) |
| 4.2 | Datos globales: modelos, observaciones en campo, satélite, etc. (2hrs) |
| 4.3 | Principios de programación lineal (ciclos, matrices) y ejemplos.(2hrs) |
| 4.4 | Datos globales y el entorno NETCDF (2hrs) |
| 4.5 | Ejemplo 1: Cambio climático reciente (2hrs) |
| 4.6 | Ejemplo 2: Cambio climático futuro (2hrs) |
|  |  |
| 5 | **Redes booleanas para modelar sistemas dinámicos discretos** |
| 5.1 | Introducción a los sistemas dinámicos (2h) |
| 5.2 | Sistemas no lineales y propiedades emergentes (2h) |
| 5.3 | Aplicaciones de los sistemas dinámicos en la sustentabilidad y agroecología (2h) |
| 5.4 | Herramientas matemáticas y computacionales para el estudio de procesos dinámicos (2h) |
| 5.5 | Redes booleanas (4h) |
|  |  |
| 6 | **Ecuaciones diferenciales no lineales para analizar sistemas biológicos que procesan señales ambientales** |
| 6.1 | Introducción: ¿Por qué y para qué construimos y analizamos modelos matemáticos continuos y cuantitativos? ¿qué ganamos, qué perdemos? (1h) |
| 6.2 | Construcción y calibración de modelos continuos (ley de acción de masas, ecuaciones de Michaelis – Menten, ecuación de Hill, optimización paramétrica) (3h) |
| 6.3 | Análisis numérico: Integración y aproximación de puntos de equilibrio (4h) |
| 6.4 | Estudiando el efecto de perturbaciones sobre los modelos: Análisis de robustez, de sensibilidad paramétrica y de bifurcaciones (4h) |

|  |  |
| --- | --- |
| **Bibliografía básica:**  *Sistemas dinámicos continuos, ecuaciones diferenciales*   1. Uri Alon (2006): An Introduction to Systems Biology: Design Principles of Biological Circuits (Chapman & Hall/CRC Mathematical and Computational Biology) 2. Carlo Cosentino, Declan Bates (2011): Feedback Control in Systems Biology. CRC Press. 3. Domitilla Del Vecchio. Richard M. Murray (2014): Biomolecular Feedback Systems. Princeton University Press. 4. Kunihiko Kaneko (2006): Life: An Introduction to Complex Systems Biology. Springer.   *Modelos de ecuaciones estructurales*   1. Flores-Gutierrez, A.M., Mora, F., Avila-Cabadilla, L.D., Boege, K. & Del-Val, E. (2020) Assessing the cascading effects of management and landscape on the arthropod guilds occurring in papaya plantations. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 293, 106836. 2. Grace, J.B. (2006) Structural Equation Modeling and Natural Systems. Cambridge University Press, Cambridge. 3. Grace, J.B., Schoolmaster, D.R., Guntenspergen, G.R., Little, A.M., Mitchell, B.R., Miller, K.M. & Schweiger, E.W. (2012) Guidelines for a graph-theoretic implementation of structural equation modeling. *Ecosphere*, 3, art73.   *Modelos de equilibrio parcial*   1. S. López-Ridaura, H. van Keulen, M. K. van Ittersum & P. A. Leffelaar. 2005. Multi-scale sustainability evaluation of natural resource management systems: Quantifying indicators for different scales of analysis and their trade-offs using linear programming, The International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 12:2, 81-97, DOI:10.1080/13504500509469621. 2. Sallan, J.M., Lordan, O., Fernandez, V. 2015. Modeling and solving Linear programming with R. OmniaScience. 3. Zander, P., Kächele, H.. 1999. Modelling multiple objectives of land use for sustainable development. Agricultural Systems 59, 311-325.  *Modelación global***Rasch**, Philip J. (Ed.).2012. Climate Change Modeling Methodology. Springer.Dessler, A.2016. Introduction to Modern Climate Change. Cambridge Univ. press.Houghton, J. 2015. Global Warming: The Complete Briefing. Cambridge Univ. press.*Redes booleanas*Stefano Boccaletti (Editor), Vito Latora (Editor), Yamir Moreno Vega (Editor). 2010. Handbook on Biological Networks. World Scientific Pub Co Inc.Wenjun Zhang.2018. Fundamentals of Network Biology. World Scientific Publishing Europe Ltd. **Bibliografía complementaria:**  *Sistemas dinámicos continuos, ecuaciones diferenciales*   1. Murray, J.D., 2003. Mathematical biology 3rd ed. Springer, ed., 2. Strogatz, S., 2000. Nonlinear dynamics and chaos. Perseus Books, Ed.   *Modelos de ecuaciones estructurales*   1. Lefcheck, J.S. (2016). piecewiseSEM: Piecewise structural equation modelling in R for ecology, evolution, and systematics. *Methods in Ecology and Evolution*, 7: 573–579. 2. Shipley, B. (2016) Cause and Correlation in Biology. Second Edition. Cambridge University Press, Cambridge.   *Modelos de equilibrio parcial*   1. S. López-Ridaura, H. van Keulen, M. K. van Ittersum & P. A. Leffelaar. 2005. Multi-scale sustainability evaluation of natural resource management systems: Quantifying indicators for different scales of analysis and their trade-offs using linear programming, The International Journal of Sustainable Development & World Ecology, 12:2, 81-97, DOI:10.1080/13504500509469621. 2. Sallan, J.M., Lordan, O., Fernandez, V. 2015. Modeling and solving Linear programming with R. OmniaScience.  *Modelación global*Mulligan, M.2018.An Introduction to Sustainability: Environmental, Social and Personal Perspectives. Routledge.Jesús Crespo Cuaresma (Author), Jesús Crespo Cuaresma (Editor), Tapio Palokangas (Editor), [Alexander Tarasyev](https://www.amazon.com/s/ref=dp_byline_sr_ebooks_4?ie=UTF8&field-author=Alexander+Tarasyev&text=Alexander+Tarasyev&sort=relevancerank&search-alias=digital-text) (Editor)Dynamic Systems, Economic Growth, and the Environment.Springer. Springer. *Redes booleanas*   1. Eberhard Voit. 2017. A First Course in Systems Biology.  Garland Science. 2. Ilya Shmulevich, Edward R. Dougherty. 2010. Probabilistic Boolean Networks: The Modeling and Control of Gene Regulatory Networks. Society for Industrial and Applied Mathematics. | |
| **Sugerencias didácticas:**  Exposición oral (X)  Exposición audiovisual (X)  Ejercicios dentro de clase (X)  Ejercicios fuera del aula ( )  Seminarios ( )  Lecturas obligatorias (X)  Trabajo de investigación ( )  Prácticas de taller o laboratorio (X)  Prácticas de campo ( )  Otras: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ ( ) | **Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:**  Exámenes parciales ( )  Examen final escrito ( )  Trabajos y tareas fuera del aula ( )  Exposición de seminarios por los alumno ( )  Participación en clase (X)  Asistencia (X)  Seminario ( )  Otras: ( ) |
| **Perfil profesiográfico:**  Los docentes deben tener una formación sólida en aspectos de modelación numérica de sistemas biológicos, ecológicos, sociales o socioambientales (tanto desde el aspecto teórico como del aplicado). Deben estar muy familiarizados con la teoría de sistemas complejos y cómo se utiliza para construir modelos numéricos. Idealmente, deberían también tener habilidad para transmitir conceptos especializados a público con poca experiencia en modelación. | |