

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Denominación de la actividad académica (Temas selectos): Complejidad en Ecología, que nos puede decir la física sobre la salud de los ecosistemas.

<b>Clave:</b> <i>(no llenar)</i>	<b>Semestre:</b> Agosto 2024	<b>Campo de conocimiento:</b> <i>Ecología, Manejo integral de ecosistemas</i>	<b>Número de Créditos:</b> 8
-------------------------------------	---------------------------------	--	---------------------------------

<b>Carácter</b> <b>Optativa de elección</b>	<b>Horas</b>		<b>Horas por semana</b>	<b>Horas por semestre</b>
	<b>Teóricas</b> 32	<b>Prácticas</b> 32	4	64

<b>Modalidad</b> <i>Curso-Seminario</i>	<b>Duración del curso</b> <i>Semestral</i>
--	---

**Seriación indicativa u obligatoria antecedente, si es el caso:**  
*No hay seriación*

**Seriación indicativa u obligatoria subsecuente, si es el caso:**  
*No hay seriación*

**Objetivo general:** La dinámica de los ecosistemas resulta difícil de estudiar debido en parte al enorme papel que las interacciones espaciales tienen en la estructura de las comunidades; a las complejas interacciones bióticas a distintas escalas de observación que intervienen en la dinámica global del ecosistema; a que dichas interacciones pueden cambiar en el tiempo y por otro lado, por que cada vez más la dinámica biológica de los ecosistemas está más acoplada con dinámicas socioeconómicas. En ese sentido, los ecosistemas pueden (deben) ser pensados como socio-ambientales acoplados (CHANS) que se caracterizan por presentar características complejas, incluyendo retroalimentación, no linealidad, umbrales, eventos extremos, efectos heredados y la capacidad de recuperación. En éste curso se revisarán las bases conceptuales y teóricas de las ciencias de la complejidad, así como su relación con uno de sus grandes motores: la revolución de los datos, en particular el big data ambiental. Construiremos una propuesta de cómo entender a la integridad y salud ecosistémicas desde la perspectiva compleja usando para ello los conceptos de criticalidad y estabilidad dinámicas.

**Objetivos específicos: (en su caso)**

- Comprender los fundamentos teóricos de las ciencias de la complejidad y el por qué esta es una forma diferente de hacer ciencia.
- Comprender cómo las nuevas capacidades de adquisición, almacenamiento y procesamiento de grandes volúmenes de datos ambientales, inducen un cambio de paradigma narrativo de la ciencia reduccionista hacia la complejidad.
- Reconocer las distintas fuentes de complejidad socio-ambiental, así como las diferentes formas en que estas se manifiestan en el big data ambiental.
- Conocer las principales técnicas de análisis de series de tiempo relacionadas a los conceptos de criticalidad y estabilidad dinámicos
- Entender el fundamento físico-matemático de la integridad y salud ecosistémica como fenómenos complejos

Poder generar rutinas sencillas de análisis de series de tiempo en R o Python, que permitan estimar algunas propiedades complejas de los sistemas socio-ambientales acoplados.  
 Interpretar desde una perspectiva compleja los resultados de análisis del big data ambiental  
 Aplicar la narrativa compleja de la ecología en la formulación y estudio de fenómenos ecológicos mediante el estudio de casos

Temario	Horas	
	Teóricas	Prácticas
<b>Unidad 1:</b> La revolución de los datos y los límites de la ciencia reduccionista 1.1 La revolución de los datos 1.2 Ejemplos de la revolución de los datos en Ecología: el sistema Nacional de Monitoreo de la Biodiversidad (SNMB) como caso de estudio 1.3 Límites del reduccionismo y la necesidad de la complejidad 1.4 Los sistemas complejos adaptativos como fuente de la revolución de los datos	6	2
<b>Unidad 2:</b> Invarianza de escala, transiciones de fase y criticalidad 2.1 La universalidad de la invarianza de escala 2.2 Transiciones de fase y criticalidad 2.3 Criticalidad en la naturaleza 2.4 Cómo medir criticalidad en series de tiempo 2.5 Casos de estudio	8	8
<b>Unidad 3:</b> Complejidad y teoría de la información 3.1 El mundo como información que evoluciona 3.2 Cómo medir complejidad usando teoría de la información 3.3 Más que árboles, los ecosistemas como sistemas complejos 3.4 Estabilidad, entropía e información de Fisher 3.5 Uso de la información de fisher para entender cambios catastróficos en sistemas complejos, casos de estudio	8	8
<b>Unidad 4:</b> Qué nos puede decir la Física sobre la salud de los ecosistemas 4.1 Visión ecológica clásica de la salud ecosistémica 4.2 Bases termodinámicas (fuera del equilibrio) de la ecología 4.3 Cómo integrar la dinámica al concepto de salud ecosistémica 4.4 Cómo integrar la respuesta a las perturbaciones al concepto de salud ecosistémica 4.5 Salud socio-ecosistémica 4.6 La Tierra como sistema dinámico 4.7 Salud planetaria	12	12
<b>Total de horas teóricas</b>	<b>32</b>	
<b>Total de horas prácticas</b>	<b>32</b>	
<b>Suma total de horas</b> <i>(debe coincidir con el total de horas al semestre)</i>	<b>64</b>	

#### Bibliografía básica

Stewart, I. (2011). Las matemáticas de la vida: cómo biólogos y matemáticos desvelan juntos los enigmas de la Naturaleza. Grupo Planeta (GBS).

West, G. (2017). Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies. Penguin.

Schmitz, O. J. (2016). The new ecology: rethinking a science for the Anthropocene. Princeton University Press.

Beven, K. (2010). Environmental modelling: An uncertain future?. CRC Press.

Taleb, N. N. (2012). Antifragile: how to live in a world we don't understand (Vol. 3). London: Allen Lane.

Taleb, N. N. (2020). Statistical Consequences of Fat Tails: Real World Preasymptotics, Epistemology, and Applications. arXiv preprint arXiv:2001.10488.

Gershenson, C. (2008). Complexity: 5 questions. Automatic Press/VIP.  
 Johnson, S. (2002). Emergence: The connected lives of ants, brains, cities, and software. Simon and Schuster.  
 Kanevski, M., Pozdnoukhov, A., & Timonin, V. (2009). Machine learning for spatial environmental data: theory, applications, and software. EPFL press.

**Bibliografía complementaria**

Tom Theis and Jonathan Tomkin, Editors (2015)Sustainability: A Comprehensive Foundation Collection Editor  
 MacKay, D. J. (2015). JC.,(2009), Sustainable Energy-Without The Hot Air. Cambridge, UIT Cambridge Ltd.  
 Kelty, C. M. (2008). Two bits: The cultural significance of free software. Duke University Press.  
<http://www.codecademy.com/>  
[https://www.coursera.org/specialization/ihudatascience/1?utm\\_medium=listingPage](https://www.coursera.org/specialization/ihudatascience/1?utm_medium=listingPage)  
[https://www.coursera.org/specialization/fundamentalscomputing/9?utm\\_medium=listingPage](https://www.coursera.org/specialization/fundamentalscomputing/9?utm_medium=listingPage)  
<http://tryr.codeschool.com/>  
<https://es.coursera.org/learn/intro-data-science-programacion-estadistica-r>

**Sugerencias didácticas:**

*(marcar con una X la sugerencia didáctica que se utilizará para abordar los temas. Es importante tomar en cuenta que si la actividad tiene horas prácticas en las sugerencias deberá haber herramientas prácticas para el aprendizaje de los temas)*

- Exposición oral
- Exposición audiovisual
- Ejercicios dentro de clase
- Ejercicios fuera del aula
- Seminarios
- Lecturas obligatorias
- Trabajos de investigación
- Prácticas de taller o laboratorio
- Prácticas de campo
- Otros *(indicar cuáles)*

**Mecanismos de evaluación del aprendizaje de los alumnos:**

*(marcar con una X el mecanismo que se utilizará para evaluar el aprendizaje. Se recomienda que para la evaluación sean tomadas en cuenta las sugerencias didácticas señaladas)*

- Exámenes parciales
- Examen final escrito
- Tareas y trabajos fuera del aula
- Exposición de seminarios por los alumnos
- Participación en clase
- Asistencia
- Seminario
- Otros *(indicar cuáles): Proyecto final integrador.*  
 Habrá un trabajo continuo desde el principio del curso para acompañar a los alumnos en su proyecto integrador  
 La materia es parte del proyecto de la “Escuela de física y matemáticas aplicadas a la ecología ([FisMatEcol](#))

**Línea de investigación: Sistemas Complejos**

**Perfil profesigráfico**

*Biólogos con antecedentes formales en física y matemáticas; Físicos con antecedentes profundos en ecología. Amplia experiencia en trabajo interdisciplinario y dominio de herramientas computacionales preferentemente R o Python.*

# Repartición de Horas

Temas selectos: Complejidad en Ecología, que nos puede decir la física sobre la salud de los ecosistemas.

Horario propuesto: Lunes y Miércoles 10:00-12:00

Temario	Horas	
	Dr. Oliver López Corona	Dra. Elvia Ramirez Carrillo
<b>Unidad 1:</b> La revolución de los datos y los límites de la ciencia reduccionista	4	4
<b>Unidad 2:</b> Invarianza de escala, transiciones de fase y criticalidad	8	8
<b>Unidad 3:</b> Complejidad y teoría de la información	8	8
<b>Unidad 4:</b> Qué nos puede decir la Física sobre la salud de los ecosistemas	12	12

Habrà un trabajo continuo desde el principio del curso para acompañar a los alumnos en su proyecto integrador. La materia es parte del proyecto de la “Escuela de física y matemáticas aplicadas a la ecología ([FisMatEcol](#))”