

480021 – MCTS – MMSS – Fundamentos de modelización matemática y sistémica de la sostenibilidad

Unidad responsable:	480 - Institut universitari de recerca en Ciència i Tecnologies de la Sostenibilitat (IS.UPC)
Unidad que imparte:	724 – MMT Màquines i motors tèrmics
Curso:	2013-14
Titulació:	Máster Universitario en Ciencia y Tecnología de la Sostenibilidad
Idiomas docencia:	Castellano
Créditos ECTS:	5

Profesorado	
Responsable:	Martí Rosas Casals
Otros:	

Competencias de la titulación a las que contribuye la asignatura		
Básicas y generales	CB9	Que los estudiantes sepan comunicar sus conclusiones -y los conocimientos y razones últimas que las sustentan- a públicos especializados y no especializados de un modo claro y sin ambigüedades
	CG02	Desarrollar y/o la aplicar ideas con originalidad en un contexto de investigación, identificando y formulando hipótesis o ideas innovadoras y sometiéndolas a prueba de objetividad, coherencia y viabilidad.
Transversales	CT05	Uso solvente de los recursos de información. Gestionar la adquisición, la estructuración, el análisis y la visualización de datos e información en el ámbito de la especialidad y valorar de forma crítica los resultados de esta gestión.
	CT07	Tercera lengua. Conocer una tercera lengua, que será preferentemente el inglés, con un nivel adecuado de forma oral y por escrito y en consonancia con las necesidades que tendrán las tituladas y los titulados.
Específicas	CE03	Analizar de forma crítica y evaluar las teorías y enfoques sobre las características y propiedades de la geoesfera y la biosfera que facilitan y enmarcan el desarrollo de los sistemas socioecológicos así como los principales retos del cambio climático.
	CE04	Aplicar adecuadamente, y de forma crítica y eficaz, marcos conceptuales, procesos y técnicas de obtención y tratamiento de datos, estadística aplicada, modelización matemática, análisis de sistemas, sistemas de información geográfica, tecnologías de la información y las comunicaciones y la ecología industrial a la solución de retos de la sostenibilidad y el desarrollo sostenible.
	CE13	Aplicar, analizar de forma crítica los resultados y evaluar las teorías, enfoques y metodologías de valorización integrada en los ámbitos de la alimentación y el desarrollo rural, las ingenierías agrícolas, del agua, la energía, la edificación, la construcción, el transporte y el territorio.

Metodologías docentes
Metodologías docentes: Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes metodologías docentes: Clase magistral o conferencia (EXP): exposición de conocimientos por parte del profesorado mediante clases magistrales o bien por personas externas mediante conferencias invitadas. Resolución de problemas y estudio de casos (RP): resolución colectiva de ejercicios, realización de debates y dinámicas de grupo, con el profesor o profesora y otros estudiantes en el aula; presentación en el aula de una actividad realizada de forma individual o en grupos reducidos.

480021 – MCTS – MMSS – Fundamentos de modelización matemática y sistémica de la sostenibilidad

Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): aprendizaje basado en la realización, individual o en grupo, de un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.

Actividades de Evaluación (EV).

Actividades formativas:

Durante el desarrollo de la asignatura se utilizarán las siguientes actividades formativas:

Presenciales

Clases teóricas y conferencias (CTC): conocer, comprender y sintetizar los conocimientos expuestos por el profesorado mediante clases magistrales o bien por conferenciantes.

Clases prácticas (CP): participar en la resolución colectiva de ejercicios, así como en debates y dinámicas de grupo, con el profesor o profesora y otros estudiantes en el aula.

No presenciales

Realización de un proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR): llevar a cabo, individualmente o en grupo, un trabajo de reducida complejidad o extensión, aplicando conocimientos y presentando resultados.

Estudio autónomo (EA): estudiar o ampliar los contenidos de la materia de forma individual o en grupo, comprendiendo, asimilando, analizando y sintetizando conocimientos.

Objetivos de aprendizaje de la asignatura

Objetivos/Resultados del aprendizaje

Al finalizar la asignatura, el/la estudiante:

Conoce y comprende la dimensión sistémica de la sostenibilidad, las características y propiedades que definen sus dinámicas temporales, así como las particularidades de los sistemas socio-ecológicos.

Aplica de forma eficiente técnicas e instrumentos propios de la matemática y la estadística aplicada a retos de la sostenibilidad y el desarrollo mediante herramientas informáticas de desarrollo abierto.

Integra y analiza críticamente el resultado de utilizar modelos matemáticos y estadísticos en la definición de soluciones y estrategias de sostenibilidad y desarrollo.

Horas totales de dedicación del estudiante		
Tema	horas	%
Clases teóricas y conferencias (CTC)	21,5	17
Clases prácticas (CP)	10	8
Prácticas de laboratorio o taller (L/T)	0	0
Presentaciones (PS)	6	5
Total (Grupo Grande)	37,5	
Tutorías de trabajos teórico prácticos (TD)	7,5	6
Total AD	7,5	
Proyecto, actividad o trabajo de alcance reducido (PR)	40	32
Proyecto o trabajo de alcance amplio (PA)	0	0
Estudio autónomo (EA)	40	32
Total AA	80	
	125	

Contenidos

Tema 1	Introducción a la sistémica
Descripción	La Sistémica puede ser considerada un nuevo nombre para todas las investigaciones relacionadas con la Teoría de Sistemas y la ciencia de sistemas. Se define como un

480021 – MCTS – MMSS – Fundamentos de modelización matemática y sistémica de la sostenibilidad

Objetivos específicos	campo emergente de la ciencia que estudia los sistemas holísticos e intenta desarrollar marcos lógico matemáticos, de ingeniería, y filosofía; en los cuales los sistemas físicos, mentales, cognitivos, sociales y metafísicos puedan ser estudiados. (a) Presentar la sistémica a partir de su proceso histórico de desarrollo, a partir de la cibernética, la teoría de la información y la teoría general de sistemas. (b) Reconocer algunos de los principios comunes a diferentes campos que surgen de esta visión holística. (c) Presentar los mapas conceptuales como herramienta básica para representar la relaciones sistémicas.
Actividades vinculadas	A1
Tema 2 Descripción	Complejidad y sostenibilidad La complejidad surge al observar la realidad de manera sistémica. Es la cualidad de lo que está compuesto de diversos elementos y por tanto se encuentra presente en campos como la filosofía, la epistemología, la física y la biología, la sociología, la informática, la matemática, y también las llamadas ciencias de la información y de la comunicación o TICs. Los problemas asociados al concepto de sostenibilidad suelen ser sistémicos, holísticos y complejos.
Objetivos específicos	(a) Presentar las diferentes definiciones de complejidad aplicadas a sistemas económicos, sociales, naturales y biológicos. (b) Reconocer los patrones que permiten detectar la complejidad en estos sistemas. (c) Presentar ejemplos de problemas relacionados con la sostenibilidad que pueden ser analizados en el marco conceptual y con las herramientas de la ciencia de la complejidad.
Actividades vinculadas	A2 / A3
Tema 3 Descripción	Introducción a la modelización Un modelo (aquí y en general, matemático) es una forma de expresar atributos y relaciones de un sistema de manera simplificada. Se caracteriza por contener variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables y/o entidades u operaciones, y se utiliza para estudiar comportamientos de sistemas complejos ante situaciones difíciles de observar en la realidad.
Objetivos específicos	(a) Presentar las diferentes formas de modelización y su clasificación. (b) Comprender las diferencias entre modelización y simulación. (c) Presentar y analizar diferentes ejemplos de modelos sectoriales. (d) Presentar y analizar diferentes ejemplos de modelos integrados (locales y globales).
Actividades vinculadas	A4
Tema 4 Descripción	Modelos con ecuaciones Los modelos matemáticos más conocidos son los que utilizan ecuaciones diferenciales para caracterizar la evolución dinámica (esto es, temporal) de los sistemas que persiguen estudiar. Si el sistema se describe mediante ecuaciones diferenciales ordinarias, la integración puede ser directa. Pero la complejidad de los sistemas implica muchas veces la integración numérica.
Objetivos específicos	(a) Presentar las diferencias entre modelos dinámicos discretos y continuos. (b) Presentar los diagramas causales como evolución de los mapas conceptuales. (c) Presentar los diagramas de flujo como evolución de los diagramas causales y como fundamento de la técnica de la dinámica de sistemas. (d) Diferenciar los sistemas lineales de los no lineales. (e) Introducir el análisis de estabilidad como herramienta esencial para caracterizar el comportamiento dinámico de los modelos de sistemas.
Actividades vinculadas	A5 / A6
Tema 5 Descripción	Modelos con agentes. Un modelo basado en agentes es un tipo de modelo computacional que permite la simulación de acciones e interacciones de individuos autónomos dentro de un entorno, y permite determinar qué efectos producen en el conjunto del sistema. Los modelos simulan las operaciones simultáneas de entidades múltiples (agentes), en un intento de recrear y predecir las acciones de fenómenos complejos, y que pueden resultar emergentes, desde el nivel más elemental (micro) al más elevado (macro).
Objetivos específicos	(a) Reconocer la necesidad de la programación computacional como esencia de la modelización con agentes. (b) Presentar las características y propiedades de los modelos con agentes y como

480021 – MCTS – MMSS – Fundamentos de modelización matemática y sistémica de la sostenibilidad

- comunicarlos.
- (c) Reconocer los patrones emergentes como resultantes de los procesos de interacción entre agentes.
 - (d) Analizar y comprender los modelos basados en agentes, así como su parametrización y calibrado.

Actividades vinculadas

A7 / A8 / A9

Planificación de actividades	
Actividad 1	Mapa conceptual de "La pesadilla de Darwin"
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, en grupos de 4-5 personas, se realice el mapa conceptual de la película "La pesadilla de Darwin"
Material	Película (http://www.youtube.com/watch?v=IV7Y9FHcdFk) CMapTools (http://ftp.ihmc.us/)
Entregable	Mapa conceptual de "La pesadilla de Darwin" en PDF.
Objetivos específicos	- Realización de un mapa conceptual. - Capacidad de plasmar en un mapa conceptual la complejidad (los actores y las relaciones) que se establecen en la película.
Actividad 2	Leyes de potencia, de Zipf y distribuciones de Pareto
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, de forma individual, se lea y comprenda un artículo en el que se analizan algunos patrones característicos de los sistemas complejos, como son la leyes de potencia, y sus mecanismos generadores.
Material	M. E. J. Newman: Power laws, Pareto distributions and Zipf's law, Contemporary Physics 46, 323-351 (2005). Sections I, II and III. / Appendix A. - Preguntas guía.
Entregable	Respuesta a las preguntas guía en PDF.
Objetivos específicos	- Diferenciar y caracterizar las funciones "de cola larga" mediante análisis estadístico básico (hoja de cálculo). - Comprender el concepto de constante de normalización. - Diferenciar las distribuciones de probabilidad de las correlaciones alométricas.
Actividad 3	Correlación y causación
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, de forma individual, se lea y comprenda un artículo en el que se analizan correlaciones entre servicios ecosistémicos y se diferencien de las relaciones causales.
Material	- Artículo (C. Raudsepp-Hearne, G. D. Peterson & E. M. Bennett: Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes, Proc. Natl. Acad. Sci., Vol. 107, No. 11. (16 March 2010), pp. 5242-5247 (with Supporting Information). - Preguntas guía.
Entregable	Respuesta a las preguntas guía en PDF.
Objetivos específicos	- Reconocer el concepto de servicio ecosistémico y de 'ecosystem service bundle'. - Reconocer las diferencias entre solución de compromiso y sinergia (i.e., tradeoff y synergy). - Presentar el coeficiente de Pearson como un caso particular de medida de información mutua para correlaciones lineales y su extrapolación a correlaciones no lineales.
Actividad 4	Heurística para la modelización
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, en grupos de 4-5 personas, se formule una pregunta a la cual se quiera responder mediante la construcción de un modelo.
Material	- Grimm, V. and Railsback, S.F. (2005) Individual-based Modeling and Ecology, Princeton University Press, Chapter 1. - Preguntas guía.
Entregable	Respuesta a las preguntas guía en PDF.
Objetivos	Aprender a trabajar con el "ciclo de la modelización".

480021 – MCTS – MMSS – Fundamentos de modelización matemática y sistémica de la sostenibilidad

específicos	Ser capaz de implementar los pasos adecuados a la hora de formular la pregunta a la cual se quiera responder mediante la construcción de un modelo.
Actividad 5	Diagramas de flujo y diagramas causales
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, en grupos de 4-5 personas, se transforme el mapa conceptual (o alguna de sus partes) de la actividad A1 en un diagrama causal.
Material	- Mapa conceptual de la actividad A1. - Preguntas guía.
Entregable	Diagrama causal de la actividad A1.
Objetivos específicos	Aprender a transformar un mapa conceptual (o alguna de sus partes) en un diagrama causal como primer paso necesario para la modelización de sistemas complejos.
Actividad 6	Análisis de estabilidad
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, en grupos de 4-5 personas, (a) se transforme el diagrama causal de la actividad A5 en un diagrama de existencias y flujos, para (b) posteriormente transformarlo en un sistema de ecuaciones diferenciales y (c) implementarlo a nivel computacional para finalmente (d) analizar su estabilidad.
Material	- Diagrama causal de la actividad A5. - Preguntas guía.
Entregable	- Diagrama de existencias i flujos de la actividad A5. - Sistema de ecuaciones diferenciales del diagrama anterior. - Implementación computacional (formato nlogo). - Análisis de estabilidad del citado sistema.
Objetivos específicos	- Desarrollar la capacidad de abstracción necesaria para generar un modelo con ecuaciones mínimo e implementarlo a nivel computacional. - Comprender y analizar su estabilidad.
Actividad 7	Introducción a la programación
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, de forma individual, se realicen los tutoriales del programa utilizado para la programación mediante agentes (i.e., NetLogo)
Material	- NetLogo (http://ccl.northwestern.edu/netlogo/) - Tutoriales NetLogo (http://ccl.northwestern.edu/netlogo/docs/)
Entregable	-
Objetivos específicos	Familiarizarse con el lenguaje de programación y la interficie del programa NetLogo.
Actividad 8	El protocolo ODD y su adopción en el ámbito científico
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, en grupos de 4 – 5 personas, se lean artículos científicos en los que se utiliza y no el protocolo ODD para describir y comunicar modelos con agentes.
Material	- Relación de artículos que utilizan el protocolo ODD. - Relación de artículos que no utilizan el protocolo ODD. - Preguntas guía.
Entregable	Respuesta a las preguntas guía en PDF.
Objetivos específicos	Reconocer el potencial y la utilidad del protocolo ODD como marco de comunicación de este tipo de modelos con agentes.
Actividad 9	Análisis de modelos con agentes
Dedicación (h)	5
Descripción	Se pide que, en grupos de 4 – 5 personas, se implemente y se analice un modelo con agentes mínimo que puede basarse en el de la actividad A1 (Pesadilla de Darwin) o en el de la actividad A4 (respuesta a pregunta propia).
Material	NetLogo (http://ccl.northwestern.edu/netlogo/)
Entregable	Modelo con agentes (formato nlogo) y descripción ODD (formato PDF) del mismo.

480021 – MCTS – MMSS – Fundamentos de modelización matemática y sistémica de la sostenibilidad

Objetivos específicos	• Poner en práctica los conocimientos adquiridos a lo largo de esta parte del curso. • Obtener un modelo mínimo que pueda ser analizado y parametrizado de manera sencilla.
--------------------------	--

Sistema de calificación		
EV1	Prueba escrita parcial de control de conocimientos (PE).	35%
EV2	Prueba escrita parcial de control de conocimientos (PE).	35%
EV3	Trabajos realizado a lo largo del curso (TR).	30%

Normas de realización de les actividades

Bibliografía
Básica • Norberg J. and Cumming, G. S. Eds. (2008) Complexity Theory for a Sustainable Future, Columbia University Press. • Érdi, P. (2008) Complexity Explained, Springer Complexity. • Grimm, V. and Railsback, S.F. (2005) Individual-based Modeling and Ecology, Princeton University Press. • Casti, J. L. (1997) Would-be worlds, John Wiley and Sons • Artículos científicos varios. Complementaria • Aracil, J. (1978) Introducción a la dinámica de sistemas, Alianza Editorial Universidad. • Railsback, S.F. and Grimm, V. (2012) Agent-Based and Individual-Based Modeling, Princeton University Press. • Miller J. H. and Page, S. E. (2007) Complex Adaptive Systems, Princeton University Press.