Máster en Bioquímica, Biología Molecular y Biomedicina

Facultad de Ciencias Químicas
Universidad Complutense de Madrid

Guía Docente:

BIOLOGÍA COMPUTACIONAL Y DE SISTEMAS

COMPUTATIONAL AND SYSTEMS BIOLOGY

CURSO 2026-2027

Course title / Nombre de la asignatura

Computational and Systems Biology / Biología Computacional y de Sistemas

Length of course / Duración del curso

First semester / Primer semestre

ECTS credits & status / Créditos ECTS y carácter

6 ECTS Optional / Optativa

Basic contents / Contenidos básicos

- Fundamentals on programming for Computational Biology. Design and use of databases. Basic knowledge on systems biology. Dynamic processes in biology. Use of databases and tools for metabolic reconstruction.
- Introducción a la programación básica en Biología Computacional. Diseño y manejo de bases de datos. Elementos de Biología de sistemas. Procesos dinámicos en biología. Utilización de bases de datos y herramientas para la reconstrucción metabólica.

Professors & location / Profesores y ubicación

Professor/Profesor: Gabriel Piedrafita Fernández
Depart.: Bioquímica y Biología Molecular
e-Mail: gpiedraf@ucm.es
Creditos: 1.5

Professor/Profesor: Antonio Sánchez Torralba
Depart.: Bioquímica y Biología Molecular
e-Mail: antons04@ucm.es
Créditos: 4.5

Objectives & skills / Objetivos y competencias

Objectives/Objetivos

- Development of user-level skills for Linux OS. Introduction to high-level programming languages and software development. Design and implementation of relational databases. Use of algorithms in systems biology applications. Applying techniques and methods for the metabolic reconstruction at genomic scale.
- Manejar a nivel de usuario el sistema operativo Linux. Iniciación a la programación: realización de programas mediante un lenguaje de programación de alto nivel, desarrollo de aplicaciones y software. Diseño, implementación

y manejo de bases de datos relacionales. Familiarización con los algoritmos empleados en bioinformática. Aplicar técnicas y métodos para la reconstrucción metabólica a escala genómica.

Skills/Competencias

General skills/Competencias de carácter general:

CG1.- To demonstrate systematic comprehension and mastery of the skills and methodologies related to research in the field of systems biology and computational tools applied to dynamics of Biological Processes.

❒ Demostrar una comprensión sistemática y un dominio de las habilidades y métodos de investigación que plantea el uso de herramientas de programación y bioinformática a la Biología de Sistemas y herramientas informáticas aplicadas a dinámica de Procesos biológicos.

CG2.- To critically analyze, evaluate, and generate new and complex ideas in systems biology and computational tools for molecular biology.

❒ Analizar de modo crítico, evaluar y desarrollar ideas nuevas y complejas en el área de la Biología de Sistemas y herramientas informáticas aplicadas a Biología molecular.

Specific skills/Competencias específicas:

CE2-BMES5.- To explain the usefulness of computational and bioinformatics techniques as powerful tools for the integration of biological information obtained from high-throughput methodologies (genomics, transcriptomics, proteomics, lipidomics, metabolomics and fluxomics).

❒ Describir la utilidad de técnicas computacionales y bioinformáticas como potentes herramientas para integrar la información biológica a gran escala procedente de las nuevas técnicas de alto rendimiento (genómica, transcriptómica, proteómica, lipidómica, metabolónica, fluxómica).

CE2-BMES6.- To develop mathematical models and use databases, simulators and bioinformatic tools to acquire a global overview of function and behaviour of macromolecules, cells and organisms.

- ❒ Desarrollar modelos matemáticos y utilizar bases de datos, simuladores y aplicaciones bioinformáticas que permitan una aproximación global al comportamiento y función de macromoléculas, microorganismos, células y organismo completo.

Transversal skills/Competencias transversales:

CT1.- To elaborate, write, and defend scientific and technical reports.

❒ Elaborar, escribir y defender informes de carácter científico y técnico.

CT2.- To work in multidisciplinary teams.

❒ Trabajar en equipo.

CT4.- To demonstrate the ability to learn independently.

❒ Demostrar capacidad de auto-aprendizaje.

CT5.- To show ethical commitment.

❒ Demostrar compromiso ético.

CT6.- To communicate results orally and in writing.

❒ Comunicar resultados de forma oral/escrita.

CT8.- To show motivation for scientific research.

❒ Demostrar motivación por la investigación científica.

Situation within the Masters' program / Contextualización en el Máster.

Situation within the Masters' program

Module	Material	Course
Advances in Biomolecular Research	Molecular, Structural, and System Biology	Computational and Systems Biology

Situación del curso en el Programa del Máster

Modulo	Materia	Asignatura
Avances en Investigación Biomolecular	Biología Molecular, Estructural y de Sistemas	Biología Computacional y de Sistemas

Course syllabus / Programa de la asignatura

1 Introducción a la Biología Computacional y de Sistemas. Bases de datos biológicas y formatos biológicos comunes.

2 Fundamentos de UNIX para el manejo de ficheros y extracción de datos biológicos.

3 Introducción a la programación científica con Python.

4 Python para la manipulación de ficheros y representación de datos biológicos cuantitativos.

5 Dinámica de Procesos biológicos. Modelización de fenómenos de autoorganización en Biología.

6 Métodos de estudio de simulación de sistemas dinámicos. Aplicación a modelos de interés biológico.

7 Redes en biología. Análisis de modelos de redes metabólicas a escala genómica y reconstrucción metabólica.

8 Introducción a herramientas de "Machine Learning" en Biología.

Course syllabus

1 Introduction to Computational Systems Biology. Biological databases and common biological formats.

2 Fundamentals of UNIX for file management and biological data extraction.

3 Introduction to scientific programming with Python.

4 Python for file manipulation and quantitative biological data plotting.

5 Dynamics of biological processes. Modeling self-organization phenomena in Biology.

6 Methods of study of dynamic systems simulation. Application to models of biological interest.

7 Networks in biology. Analysis of genome-scale metabolic network models and metabolic reconstruction.

8 Introduction to Machine Learning tools in Biology.

Methodology / Metodología y programación docente

All lectures are taught in computer rooms. 3 hours classes are programmed into theoretical lectures (90 min approx.) and computer hands-on practical applications concerning the previously introduced topics (90 min approx.), including a short break. Along the practical, students should complete exercises and questionnaires. In addition, off-class assignments are also proposed on selected topics.

❒ Las clases se imparten en aulas de informática con un ordenador disponible por alumno. Las clases de 3 horas se programan en dos partes de, aproximadamente, 1.5 horas con una pausa en el medio. En la primera parte se realiza una presentación teórica de cada tema con ayuda de medios audiovisuales. En la segunda, los alumnos realizan ejercicios propuestos sobre el tema presentado. En temas seleccionados, los alumnos realizan también trabajos fuera del horario de clase.

The contribution of each activity to the course credits is indicated in the table below.

❒ La programación de la actividad docente y su contribución en los créditos de la asignatura se indica en la tabla adjunta:

Activity/Actividad	**Attendance** Presencial **(hr)**	**Independent work** Trabajo autónomo **(hr)**	**Credits** Créditos **ECTS**
Theory lectures/Clases teóricas	22	48.0	3.2
Practical applications & Seminars/Prácticas y Seminarios	25	22.5	1.5
Tutorials/ Tutorías	3	4.5	0,3
Preparation of seminars and exams Preparación de trabajos y exámenes	2	23.0	1.0
Total	**52**	**98**	**6**

Evaluation of learning / Evaluación del aprendizaje

Evaluations will take into account:

- Students must participate actively and responsibly in face-to-face training activities. Attendance must be of, at least, 70 %
- Completed questionnaires and exercises. The elaboration and presentation of assigned work (30%)
- Final exam (60%, of which 30% will be a theoretical exam and 30% practical exercises, both parts in writing)
- Tutorial classes (10%)

Grades will be awarded on the scale of 0-10 in accordance with RD1125/2003.

El rendimiento académico del estudiante se evaluará atendiendo a los siguientes criterios:

- Los estudiantes deberán participar de forma activa y responsable en, al menos, el 70 % de las actividades formativas de carácter presencial.
- Resolución de ejercicios y cuestionarios durante el curso. Elaboración y presentación de trabajos propuestos (30%).
- Examen final (60%, del cual un 30% será un examen teórico y otro 30% ejercicios prácticos, ambas partes por escrito).
- Tutorías (10%)

Las calificaciones estarán basadas en la puntuación absoluta sobre 10 puntos y de acuerdo con la escala establecida en el RD 1125/2003.

Language(s) of instruction / Idioma(s) en que se imparte

Español oral y escrito / oral and written Spanish

Inglés escrito / written English

Bibliography & supplementary materials / Bibliografía y recursos complementarios

- A First Course in Systems Biology / Eberhard O. Voit. Garland Science, 2012
- Systems Biology: A Textbook / Edda Klipp et al. Wiley-Blackwell, 2016
- An Introduction to Systems Biology. Design Principles of Biological Circuits / U. Alon. Chapman and Hall/CRS. London 2007
- Systems Biology. Properties of reconstructed Networks / B. O. Palsson. Cambridge University Press, Cambridge 2006
- Biofísica. Procesos de Autoorganización en Biología / F. Montero y F. Morán. Eudema, Madrid 1992
- Introduction to bioinformatics / Arthur M. Lesk, Oxford : Oxford University Press, 2005
- Signaling Networks: Information Flow, Computation, and Decision Making / Evren U. Azeloglu and Ravi Iyengar. 2017. Cold Spring Harb Perspect Biol 2015;7:a005934. doi: 10.1101/cshperspect.a005934
- Basic concepts and principles of stoichiometric modeling of metabolic networks / Timo R. Maarleveld et al. Biotechnology Journal. 2013. DOI: 10.1002/biot.201200291