



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

ASIGNATURA / **COURSE TITLE**

MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA / **METHODS AND TECHNIQUES FOR STUDYING PHYLOGENY**

1.1. Código / **Course number**

32169

1.2. Materia / **Content area**

Diversidad animal y vegetal

1.3. Tipo / **Course type**

Formación optativa / **Elective subject**

1.4. Nivel / **Course level**

Master / **Master (second cycle)**

1.5. Curso / **Year**

1º / **1st**

1.6. Semestre / **Semester**

2º / **2nd (Spring semester)**

1.7. Idioma / **Language**

Español. Se emplea también inglés en material docente / **In addition to Spanish, English is also extensively used in teaching material**

1.8. Requisitos previos / **Prerequisites**

Es recomendable que el alumno esté familiarizado con los conceptos de homología y homoplasia, grupos monofiléticos, parafiléticos y polifiléticos, así como nociones básicas en bioestadística / **Students should be familiar with the notions of homology and homoplasy and monophyletic, paraphyletic and poliphyletic groups, as well as statistical methods.**



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

Disponer de un nivel de inglés que permita al alumno leer bibliografía de consulta y asistir y participar en seminarios impartidos en lengua inglesa / [Students must have a suitable level of English to read references in this language, as well as to attend and participate in seminars in English.](#)

1.9. Requisitos mínimos de asistencia a las sesiones presenciales / [Minimum attendance requirement](#)

La asistencia a las clases teóricas, prácticas, seminarios y tutorías es muy recomendable / [Attendance to lectures, practical classes, seminars and tutorial hours is highly advisable](#)

1.10. Datos del equipo docente / [Faculty data](#)

Coordinadora de la asignatura: [Virginia Valcárcel](#) ~~M^a Teresa Aguado Molina~~

Departamento de / [Department of](#) Biología

Facultad / [Faculty](#) Ciencias

Despacho - Módulo / [Office - Module](#) Edificio de Biología, despachos A-011B

Teléfono / [Phone](#): +34 91 4972821

Correo electrónico/[Email](#): virginia.valcarcel@uam.es ~~maite.aguado@uam.es~~

Página web/[Website](#): [Página de la asignatura \(www.uam.es\)](http://www.uam.es)

Horario de atención al alumnado/[Office hours](#): A petición previa del alumno / [To be accorded with the students.](#)

1.11. Objetivos del curso / [Course objectives](#)

Competencias generales:

- Aplicar los conocimientos y la capacidad de resolución de problemas adquiridos a lo largo del Máster en entornos nuevos o poco conocidos dentro de contextos más amplios (o multidisciplinares) relacionados con las áreas de Zoología y Botánica.
- Elaborar adecuadamente, y con cierta originalidad, composiciones escritas o argumentos motivados, redactar planes, proyectos de trabajo o artículos científicos y formular hipótesis razonables, para poder así 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.
- Emitir juicios en función de criterios, normas externas o de reflexiones personales.
- Presentar públicamente ideas, procedimientos o informes de investigación, de transmitir interés por estas áreas o de asesorar a personas y a organizaciones.
- Que los estudiantes adquieran las habilidades de aprendizaje que les permitan continuar estudiando, ya sea en el marco del Doctorado o en cualquier otro



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

entorno, de un modo que habrá de ser en gran medida autodirigido o autónomo.

Competencias específicas del Máster:

- Diseñar y ejecutar técnicas que forman parte del instrumental de la Botánica, la Zoología y ciencias afines.
- Ejecutar metodologías ligadas al análisis de la biodiversidad.
- Utilizar herramientas de laboratorio y conocer el funcionamiento de centros de investigación.
- Utilizar e interpretar con soltura la documentación adecuada en la identificación de los taxones animales y vegetales, incluyendo claves (tanto de estados adultos, como inmaduros, huevos, frutos, semillas, pólenes, etc.), bases de datos (inventarios, catálogos, genbank, y otros), imágenes, etc.
- Diseñar e interpretar estudios de botánica o de zoología aplicadas a campos tan diversos como la Biología Marina, la Gestión de Ecosistemas, la Evolución, la Arqueología, el patrimonio cultural, los análisis forenses, el tráfico de especies protegidas, la Filogenia, etc.
- Cuantificar e interpretar la Biodiversidad desde diferentes perspectivas: Descriptiva, Conservación y Evolución, entre otras.
- Desarrollar estrategias de análisis, síntesis y comunicación que permitan transmitir los distintos aspectos de la Zoología y la Botánica en entornos educativos y divulgativos.
- Percibir la importancia estratégica, económica y cultural de la Botánica y la Zoología.
- Aplicar el espíritu emprendedor en el área de la Botánica y la Zoología, a partir de una visión integrada de los procesos de I+D+I.
- Integrar conocimientos y habilidades para elaborar un trabajo académico o profesional relacionado con la Botánica y la Zoología.

Competencias transversales:

- Desarrollar la capacidad de análisis y síntesis.
- Aplicar el método científico a la resolución de problemas.
- Utilizar y gestionar información bibliográfica o recursos informáticos o de Internet en el ámbito de estudio, en las lenguas propias y en inglés.
- Diseñar experimentos e interpretar los resultados.
- Desarrollar la capacidad de organización y planificación.
- Tomar decisiones.
- Saber comunicar eficazmente, tanto de forma oral como escrita.
- Trabajar individualmente y en equipos multidisciplinares.
- Trabajar en un contexto internacional.
- Aplicar los conocimientos teóricos a la práctica.
- Asumir un compromiso ético.
- Desarrollar el aprendizaje autónomo y crítico.
- Adaptarse a nuevas situaciones.
- Tomar la iniciativa y mostrar espíritu emprendedor.
- Sensibilizarse en temas ambientales, sanitarios y sociales.

Competencias específicas de la asignatura:



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

Competencias conceptuales/ **knowledge**

1. Dominar las bases conceptuales de los mecanismos de evolución.
2. Conocer los fundamentos del estudio y análisis de la sistemática tradicional así como las tendencias actuales en la filogenia.
3. Análisis e interpretación de datos morfológicos y moleculares para el estudio de filogenias.
4. Entender las metodologías y herramientas informáticas más comunes en sistemática filogenética.
5. Interpretar correctamente los resultados de una hipótesis filogenética.

Competencias procedimentales/ **skills**

6. Adquirir la capacidad de planificar y llevar a cabo un proyecto de investigación.
7. Adquirir las destrezas básicas para el trabajo experimental en relación con las técnicas y métodos filogenéticos. Manejo de técnicas para la obtención de datos moleculares. Utilización y dominio de programas informáticos para el análisis de los datos.
8. Desarrollar la capacidad de análisis y de síntesis.
9. Desarrollar la capacidad de presentar trabajos científicos, tanto de forma oral como escrita, de manera clara y concisa. Aprender a comunicar conclusiones eficazmente y transmitir interés tanto a un público especializado como no especializado.

Competencias actitudinales/**attitudes**

10. Adquirir las destrezas requeridas para poder continuar el aprendizaje de una manera autónoma.
11. Aprender a trabajar individualmente y en equipo.
12. Desarrollo de iniciativa, capacidad de decisión y espíritu emprendedor.
13. Desarrollar una actitud crítica sobre la base de los conocimientos adquiridos necesaria para poder interpretar la taxonomía a la luz de la filogenia.
14. Asumir un compromiso ético en temas ambientales pudiendo elaborar un sistema de referencia útil en conservación fundamentado en las relaciones evolutivas entre los organismos.

1.12. Contenidos del programa / **Course contents**

Contenidos teóricos

Unidad 1. Introducción a la Sistemática Antecedentes históricos



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

Escuela evolucionista
Escuela feneticista
Escuela cladista

Unidad 2. Etapas de un estudio sistemático [PRÁCTICA 1]

Explicación de las etapas de trabajo para el desarrollo de una investigación en sistemática.

Elección del grupo de estudio y su problemática.

Análisis de clasificaciones tradicionales, búsqueda bibliográfica y planteamiento de hipótesis de trabajo.

Unidad 3. Análisis de caracteres morfológicos: técnicas y métodos de estudio. [PRÁCTICA 2]

Grupo interno y grupo externo. Polaridad de caracteres.

Selección y codificación de caracteres morfológicos. Ventajas y desventajas de los distintos métodos de codificación.

Homología y analogía.

Homoplasias: convergencias, paralelismos y reversiones.

Estados de los caracteres (caracteres binarios y multiestado).

Unidad 4. Marcadores y caracteres moleculares [PRÁCTICAS 3 & 4]

Genomas y modos de evolución, características y sus aplicaciones para la resolución de cuestiones en sistemática.

Homología molecular. Genes ortólogos, parálogos y xenólogos.

Selección de la información (terminales / secuencias): grupo interno y grupo externo / tipo de genes y-o proteínas. Variabilidad de secuencias y rango taxonómico a analizar. Tamaño muestral (taxon sampling effect, systematic error, missing data).

Bases de datos moleculares (GenBank). Obtención de datos moleculares a partir de internet. Comparación de secuencias a través de internet (BLAST).

Homología de posición: el alineamiento multiple.

Árboles de genes y árboles de especies.

Unidad 5. Introducción a la construcción e interpretación de filogenias

Caracteres plesiomórficos y apomórficos. Sinapomorfías, plesiomorfías y autoapomorfías.

Grupos monofiléticos, polifiléticos y parafiléticos.

Árboles enraizados o sin enraizar. Terminología de árboles.

Tipos de consensos y selección: consenso estricto, consenso semiestricto, consenso de Adams, consenso de Mayoría.

Presentación de metodologías para el estudio de la filogenia basadas en caracteres. Criterios de optimalidad.

Unidad 6. Metodologías filogenéticas: Máxima Parsimonia [PRÁCTICA 5]

El concepto Hennigiano. El principio de Parsimonia.

Criterios de optimización: Optimización de Farris, Fitch, Dollo, etc.

Árboles de Wagner. Métodos exactos: Búsqueda Exhaustiva y Búsqueda "Branch and Bound". Métodos heurísticos Adición por pasos y permutación de ramas. Métodos NNI, SPR y TBR. Algoritmos aplicables a matrices grandes.



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

El problema de las islas. Árboles óptimos locales y globales.
Medidas de ajuste de los caracteres: longitud del cladograma; índice de consistencia; índice de retención; índice de consistencia reescalado.
Pesado de caracteres.
Medidas de apoyo y soporte de ramas. Soporte de Bremer. Método “bootstrap” y “Jackknifing”. Ventajas y desventajas de los distintos métodos.
Ventajas y desventajas del método de máxima parsimonia.

Unidad 7 Modelos evolutivos [PRÁCTICA 6]

Modelos de evolución molecular: modelo de Jukes-Cantor, K2P, F81, HKY85, GTR, etc. Subestimación por “multiple hits”.
Métodos para la elección de un modelo de evolución molecular.

Unidad 8. Construcción de fenogramas por métodos de distancia. [PRÁCTICA 6]

Construcción de matrices de distancias.
Análisis de agrupamiento. UPGMA y Neighbor-Joining.

Unidad 9. Metodologías filogenéticas probabilísticas: Máxima Verosimilitud y Análisis Bayesiano [PRÁCTICAS 7 & 8]

Reconstrucción filogenética por Máxima verosimilitud. Definición de verosimilitud.
Test de relación de verosimilitudes (likelihood ratio tests).
Análisis filogenético Bayesiano. Teorema de Bayes.
Cadenas de Markov de Monte Carlo (MCMC). “Burn in” y distribución estacionaria.
Ventajas y desventajas de los métodos probabilísticos.

Unidad 10. Comparación de hipótesis filogenéticas. [PRÁCTICA 9]

Comparación de los distintos métodos de reconstrucción filogenética: ventajas y desventajas.
Evaluación de árboles a partir de distintas fuentes de caracteres: métodos combinados, de consenso y de combinación. Congruencia topológica y congruencia de caracteres. Mediciones cuantitativas de la incongruencia entre árboles. Posibles explicaciones.

Unidad 11. Aplicaciones del análisis filogenético

Filogenia, clasificación y decisiones taxonómicas
Métodos filogenéticos para la delimitación de especies.
Aplicaciones en biogeografía.
Aplicaciones para el estudio de la coevolución.
Dataciones de los tiempos de divergencia.

Contenidos prácticos

Práctica 1. Elección del grupo de estudio. Documentación. Diseño del proyecto de investigación. Manejo de bases de datos.

Práctica 2. Búsqueda de homologías. Elección caracteres morfológicos. Construcción de una matriz morfológica (Winclada, MacClade, Mesquite).



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
Código: 32169
Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
Nivel: MÁSTER
Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
Nº de créditos: 6 ECTS

Práctica 3. Formatos de datos (Nexus, Fasta, Phylip, Clustal, etc.). Caracteres moleculares. Obtención de secuencias de bases de datos (GenBank).

Práctica 4. Alineamiento múltiple (Clustal X, Mafft, Muscle). Comparación y edición de alineamientos (Bioedit, MacClade, Mesquite, entre otros). Selección de posiciones informativas (Gblocks).

Práctica 5. Metodologías: Máxima Parsimonia (PAUP, Winclada, NONA y TNT).

Práctica 6. Modelos evolutivos. Elección del modelo más apropiado (JModeltest, Findmodel). Análisis de distancias: Neighbor Joining, UPGMA (PAUP, MEGA).

Práctica 7. Metodologías: Máxima Verosimilitud (PAUP, Garli, RAxML).

Práctica 8. Metodologías: Análisis Bayesiano (Mr Bayes).

Práctica 9. Comparación de topologías. Conclusiones y aplicaciones.

Seminarios

Seminarios. Discusión de publicaciones y conferencias impartidas por investigadores de otras instituciones (Real Jardín Botánico de Madrid, Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, Universidad Autónoma de Madrid, entre otras).

Proyectos de los alumnos. Los estudiantes, de manera individual o grupal, eligen un grupo de estudio sobre el que manifiesten interés o propuesto por las profesoras (p. Ej. Filogenias de aves, anélidos, coleópteros, anuros, briófitos, plantas vasculares, etc.). A lo largo del desarrollo de las prácticas, los alumnos trabajan primero con las secuencias y datos del grupo de estudio modelo proporcionado por las profesoras, a continuación repiten la práctica con su grupo de estudio elegido. Al final de la asignatura, los alumnos deberán ser capaces de elaborar un trabajo escrito, con formato de publicación científica, en el que se recojan y discutan las metodologías empleadas, resultados y conclusiones principales.

Presentaciones. Exposición oral de los resultados de los trabajos de los alumnos y discusión en grupo.

1.13. Referencias de consulta / Course bibliography

Se proporcionarán listados específicos antes o durante las actividades presenciales. Una bibliografía general de la asignatura reuniría los siguientes títulos:

Aguado, M.T., Valcárcel, V. y Draper, I. 2015. Métodos y Técnicas para el Estudio de la Filogenia. Manual de la asignatura. Publicaciones de la Universidad Autónoma de Madrid. ISBN: 978-84-8344-363-7.

Felsenstein, J. 2004. Inferring Phylogenies. Sinauer Ass., Inc.

Forey, P. L., C. J. Humphries, I. J. Kitching, R. W. Scotland, D. J. Siebert y D. M.

Freeman, S. Herron, J.C. 2001. Análisis Evolutivo. Prentice Hall

Graur, D.G. and Li, W.H. 2000. Fundamentals of molecular evolution. Sinauer Associates.



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
 Código: 32169
 Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
 Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
 Nivel: MÁSTER
 Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
 Nº de créditos: 6 ECTS

- Hall, B.G. 2008. Phylogenetic trees made easy. A how-to manual. Sinauer Associates Inc., Sunderland, MA.
- Hillis, D.M., Moritz, C. & Mable B.K. 1996. Molecular Systematics. Sinauer Associates.
- Huson, D.H., Rupp, R. y Scornavacca, C. 2010. Phylogenetic Networks. Cambridge University press.
- Kitching, I.J., Forey, P.L., Humphries, C.J. y Williams, D.M. 1998. Cladistics. The theory and practice of parsimony analysis. The Systematics Association nº 11. Oxford University Press.
- Lemey, P. et al. 2009. The Phylogenetic Handbook. Practical approach to Phylogenetic Analysis and Hypothesis testing. Cambridge University Press.
- Morrone, J.J. 2000. El lenguaje de la Cladística. Dirección general de publicaciones y fomento. UNAM, México.
- Nei, M. & Kumar, S. 2000. Molecular Evolution and Phylogenetics. Oxford University Press.
- Page, R.D.M. & Holmes, E. 1998. Molecular Evolution. A phylogenetic approach. Blackwell Science.
- Ridley, M. 2004. Evolution. Blackwell Scientific Publications.
- Simpson, M.G. 2006. Plant Systematics. Elsevier Academic Press.
- Singh, G. 2001. Plant Systematics. Science Publishers.
- Válcarcel, V., Drapper, I. y Aguado, M.T. 2012. Cómo construir una filogenia molecular paso a paso: manual de iniciación al análisis de secuencias de ADN. OCW publicaciones.
- Vargas y R. Zardoya (eds). 2012. El Árbol de la Vida: sistemática y evolución de seres vivos. Madrid, 617 págs.
- Vargas y Zardoya, R. (eds). 2014. The Tree of Life. Sinauer Associates, Inc.

Páginas de referencia en internet:

Tree of life web project: <http://tolweb.org/tree/>
 Time Tree: The timescale of life: <http://www.timetree.org/book.php>
 The Willy Hennig Society: <http://www.cladistics.org/>
 The Systematics Association: <http://www.systass.org/>
 Evoldir: <http://evol.mcmaster.ca/evoldir.html>
 Sociedad española de Biología Evolutiva: <http://www.sesbe.org/>
 Software for phylogenetics:
<http://tree.bio.ed.ac.uk/software/>
<http://evolution.genetics.washington.edu/phylip/software.html>

2. Métodos docentes / Teaching methodology

En las clases teóricas se abordarán todos los contenidos desarrollados en el programa del curso. Consistirán en explicaciones por parte las profesoras, discusión sobre lecturas de libros especializados y artículos de investigación y exposición de propuestas, proyectos y resultados por parte de los alumnos.



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
 Código: 32169
 Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
 Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
 Nivel: MÁSTER
 Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
 Nº de créditos: 6 ECTS

En las clases prácticas los alumnos trabajarán, tanto individualmente como en grupo, para resolver ejercicios manuales como la construcción de matrices, codificación de caracteres, construcción de árboles, etc. y aprenderán el uso de los principales programas informáticos de alineamiento de secuencias y de reconstrucción de árboles por Parsimonia, Distancias, Máxima Verosimilitud y Análisis Bayesiano.

De manera complementaria los alumnos tendrán la oportunidad de asistir a seminarios de profundización y sesiones en las que intervendrán distintos especialistas de otras instituciones nacionales como el Museo de Ciencias Naturales de Madrid o el Jardín Botánico de Madrid, así como profesores e investigadores de instituciones extranjeras.

Tanto en las clases teóricas, prácticas como en los seminarios se fomentará el debate y la discusión de ideas.

El material que se utilice en las sesiones estará parcial o totalmente disponible en la página de la asignatura y/o en la biblioteca de Ciencias de la UAM.

3. Tiempo de trabajo del estudiante / **Student workload**

		Nº de horas	Porcentaje
Presencial	Clases teórico-prácticas	48	40% = 60 horas
	Seminarios	6	
	Exposición de proyectos finales	6	
No presencial	Estudio semanal	40	60% = 90 horas
	Realización de actividades prácticas	20	
	Elaboración del proyecto y preparación de la exposición	30	
	150		

4. Métodos de evaluación y porcentaje en la calificación final / **Evaluation procedures and weight of components in the final grade**

Al final del curso, los alumnos expondrán los resultados de su proyecto de manera oral y entregarán una monografía. Ambas actividades, junto con la participación del alumno y el desarrollo de su trabajo a lo largo de la asignatura constituirán la calificación final. El trabajo monográfico y su presentación supondrán un 80% de la calificación final. El 20% restante equivale a la participación de los alumnos en el conjunto de la asignatura.



Asignatura: MÉTODOS Y TÉCNICAS PARA EL ESTUDIO DE LA FILOGENIA
 Código: 32169
 Centro: FACULTAD DE CIENCIAS
 Titulación: MÁSTER EN BIODIVERSIDAD
 Nivel: MÁSTER
 Tipo: FORMACIÓN OPTATIVA
 N° de créditos: 6 ECTS

En la convocatoria ordinaria, se considera “no evaluado” a los alumnos que no han realizado el trabajo encargado ni su presentación. En la convocatoria extraordinaria, el estudiante deberá entregar un trabajo y presentarlo públicamente.

5. Cronograma* / Course calendar

Semana Week	Contenido Contents	Horas presenciales Contact hours	Horas no presenciales Independent study time
1	Teoría Unidades 1-4 Prácticas 1-2	16	20
2	Teoría Unidades 5-8 Prácticas 3-5	16	20
3	Teoría Unidades 9-10 Práctica 6-8	15	20
4	Teoría Unidad 11 Práctica 9-10 Presentaciones seminarios finales	13	30

*Este cronograma tiene carácter orientativo.

Las clases se darán de lunes a viernes en horario de mañana y comenzarán en el segundo semestre del curso académico.