



## 1. Identificación

### 1.1. De la Asignatura

Curso Académico	2023/2024
Titulación	GRADO EN BIOLOGÍA
Nombre de la Asignatura	BOTÁNICA EVOLUTIVA
Código	6236
Curso	CUARTO
Carácter	OBLIGATORIA
N.º Grupos	1
Créditos ECTS	6
Estimación del volumen de trabajo del alumno	150
Organización Temporal/Temporalidad	1 Cuatrimestre
Idiomas en que se imparte	INGLÉS : Grupo 1 ESPAÑOL : Grupo 1

### 1.2. Del profesorado: Equipo Docente

Coordinación de la asignatura JOSE SEBASTIAN CARRION GARCIA	Área/Departamento	BOTÁNICA/BIOLOGÍA VEGETAL
	Categoría	CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD
	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	carrion@um.es <a href="https://jscarrion.es/">https://jscarrion.es/</a> Tutoría Electrónica: Sí



Grupo de	Teléfono, Horario y	Duración	Día	Horario	Lugar	Observaciones
Docencia: 1 Coordinación de los grupos:1	Lugar de atención al alumnado	Anual	Lunes	16:00- 18:00	868884995, Facultad de Biología B1.4.059	Se requiere cita previa a través del correo electrónico
		Anual	Miércoles	16:00- 18:00	868884995, Facultad de Biología B1.4.059	Se requiere cita previa a través del correo electrónico
FRANCISCO JOSE ALCARAZ ARIZA Grupo de Docencia: 1	Área/Departamento	BOTÁNICA/BIOLOGÍA VEGETAL				
	Categoría	CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD				
	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	falcara@um.es  <a href="http://webs.um.es/falcara">http://webs.um.es/falcara</a>  Tutoría Electrónica: Sí				
	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar	Observaciones
	Anual	Martes	10:00- 13:00	868884976, Facultad de Biología B1.4.062	La tutoría electrónica será preferente, sin los límites horarios que supone la presencial	
DIEGO RIVERA NUÑEZ Grupo de Docencia: 1	Área/Departamento	BOTÁNICA/BIOLOGÍA VEGETAL				
	Categoría	CATEDRATICOS DE UNIVERSIDAD				
	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	drivera@um.es  <a href="https://webs.um.es/drivera/miwiki/doku.php">https://webs.um.es/drivera/miwiki/doku.php</a>  Tutoría Electrónica: Sí				



	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar	Observaciones
		Segundo Cuatrimestre	Martes	09:15- 13:45	868884994, Facultad de Biología B1.4.063	Concertar cita previa mediante correo en el aula virtual o en clase
		Segundo Cuatrimestre	Miércoles	11:30- 15:00	868884994, Facultad de Biología B1.4.063	Concertar cita previa mediante correo en el aula virtual o en clase
JOSE EDUARDO	Área/Departamento	BOTÁNICA/BIOLOGÍA VEGETAL				
MARQUES GALVEZ	Categoría	CONTRATO DE ACCESO AL SECTI				
Grupo de Docencia: 1	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	joseduardo.marques@um.es Tutoría Electrónica: NO				
	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado					
OMAR RODRIGUEZ	Área/Departamento	BOTÁNICA/BIOLOGÍA VEGETAL				
ALCALA	Categoría	CONTRATADO PREDOCTORAL (FPI-MINECO)				
Grupo de Docencia: 1	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	omar.rodriqueza@um.es Tutoría Electrónica: NO				
	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado					



JOSE MARIA EGEEA FERNANDEZ Grupo de Docencia: 1	Área/Departamento	BOTÁNICA/BIOLOGÍA VEGETAL			
	Categoría	PROFESOR EMERITO			
	Correo Electrónico / Página web / Tutoría electrónica	jmegea@um.es Tutoría Electrónica: SÍ			
	Teléfono, Horario y Lugar de atención al alumnado	Duración	Día	Horario	Lugar
		Segundo Cuatrimestre	Lunes	12:00- 14:00	868884984, Facultad de Biología B1.4.014
		Segundo Cuatrimestre	Martes	12:00- 14:00	868884984, Facultad de Biología B1.4.014
		Segundo Cuatrimestre	Miércoles	12:00- 14:00	868884984, Facultad de Biología B1.4.014
	Segundo Cuatrimestre	Jueves	12:00- 14:00	868884984, Facultad de Biología B1.4.014	
	Segundo Cuatrimestre	Viernes	12:00- 14:00	868884984, Facultad de Biología B1.4.014	

## 2. Presentación

Entenderemos por Botánica Evolutiva el conjunto de conocimientos e investigaciones relativas a las pautas y procesos de evolución dentro de los organismos tradicionalmente estudiados por la botánica, es decir, los hongos, las cianobacterias, las algas eucariotas y los embriófitos. Como veremos, esta delimitación se ha vinculado a varios sistemas de reinos de organismos (Plantae, Chromista, Fungi, Protozoa, Protista, Protoctista, ...). Por condicionantes históricos, el estudio de la evolución se ha concentrado casi exclusivamente en el registro animal. La evolución de plantas apenas recibe atención en los manuales sobre



evolución más que de pasada o para hacer mención al paisaje en el que los animales se desenvolvían. Sin embargo, el registro fósil de plantas es amplísimo y proporciona una visión idénticamente interesante de los procesos evolutivos. Los primeros fotosintetizadores proceden de capas datadas del Arqueano Inferior, en torno a los 3500 Ma y algunos de los primeros eucariotas tienen una afinidad vegetal indiscutible, resultando clasificables entre las algas rojas y verdes. Las plantas colonizaron los ambientes terrestres como muy tarde en el Silúrico, hace unos 415 Ma, y en unos 75 Ma habían evolucionado desde formas rastreras arbustivas hasta árboles de más de 60 m de altura. Muy probablemente, las plantas terrestres existían ya en el Ordovícico superior. Las primeras plantas con semillas aparecen hace unos 380 Ma, mientras las plantas con flores retrasan su aparición hasta hace unos 140 Ma (Cretácico inicial), y las gramíneas no se originan hasta finales del Mesozoico o principios del Cenozoico. En comparación con los animales, las plantas tienen unos requerimientos limitados (agua, dióxido de carbono, nitrógeno, magnesio, potasio, fósforo, algunos oligoelementos, fotones, y ciertas pautas metabólicas necesarias para la fotosíntesis), y esto ha permanecido inalterado en el tiempo evolutivo. Muchas plantas presentan mecanismos asombrosos para vérselas con el estrés ambiental, incluyendo dormición de semillas, mecanismos de supervivencia vegetativa tras los traumatismos físicos y químicos, etc. Por añadidura, las plantas no son tan sensibles como los animales al tamaño mínimo poblacional necesario para la supervivencia. Unos cuantos individuos pueden persistir durante larguísimos períodos de tiempo. Las plantas viven períodos de tiempo a veces extraordinariamente largos. Se ha demostrado que *Pinus longaeva*, por ejemplo, puede vivir hasta 11.000 años. A diferencia del registro animal, también, hay muchas familias vivientes de plantas que han persistido, a menudo bajo formas morfológicamente idénticas, durante hasta 200 Ma.

Las últimas décadas han sido de auténtica revolución en el escenario del pensamiento evolutivo. En particular, conviene destacar el advenimiento de teorías que rechazan o discuten aspectos cruciales del gradualismo filético, cuyo origen está en las propias ideas de Darwin (1859). Una de las escuelas alternativas propone que la especiación es un proceso rápido que ocurre episódicamente entre largos períodos de estasis (equilibrios puntuados : Eldredge & Gould 1972). Estas ideas han sido desarrolladas para sugerir que el cambio climático a largo plazo resultante de los cambios orbitales de la Tierra respecto al Sol, podría proporcionar los impulsos necesarios para los eventos de especiación rápida. Sin embargo, la mayor parte de esta discusión se ha centrado en torno a la evidencia aportada por los fósiles animales y, de nuevo, necesitamos revisar el registro de plantas para comprobar si el poder explicativo y las incertidumbres, las pautas y procesos son o no los mismos.



Desde una perspectiva experimental, también, corren tiempos de excitación intelectual. Los datos moleculares, las nuevas técnicas analíticas y un sinfín de experimentos ingeniosos y síntesis teóricas están poniendo en el paredón muchos principios que se consideraban bien asentados sobre las pautas de radiación adaptativa, la historia de la diferenciación geográfica entre especies, el flujo génico y las escalas espaciales de diferenciación genética entre poblaciones, los impactos de la hibridación y la poliploidía sobre la especiación, la adaptación, la expresión génica y la evolución cromosómica, la concordancia de la arquitectura del genoma entre taxa relacionados, las bases genéticas del aislamiento reproductor via especialización sobre polinizadores, la evolución genética de ciertos aspectos del desarrollo floral, etc. Por ello, sería una desfachatez intentar capturar en un programa didáctico todo el pastiche de conceptos, ideas, experimentos y descubrimientos que comprende la moderna ciencia evolutiva. En este sentido, parece más pragmático ofrecer un documento que adopte la perspectiva que resulte mejor conocida por el profesor responsable de la asignatura, en este caso el registro fósil.

### 3. Condiciones de acceso a la asignatura

#### 3.1 Incompatibilidades

No consta

#### 3.2 Recomendaciones

### 4. Competencias

#### 4.1 Competencias Básicas

- CB1. Que los estudiantes hayan demostrado poseer y comprender conocimientos en un área de estudio que parte de la base de la educación secundaria general, y se suele encontrar a un nivel que, si bien se apoya en libros de texto avanzados, incluye también algunos aspectos que implican conocimientos procedentes de la vanguardia de su campo de estudio
- CB2. Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio
- CB3. Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética
- CB4. Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado
- CB5. Que los estudiantes hayan desarrollado aquellas habilidades de aprendizaje necesarias para emprender estudios posteriores con un alto grado de autonomía



## 4.2 Competencias de la titulación

- CG1. Adquirir capacidad de análisis y síntesis.
- CG2. Desarrollar capacidad de organización y planificación
- CG3. Comunicarse oralmente y por escrito en la lengua nativa
- CG4. Conocer una lengua extranjera
- CG5. Resolver problemas
- CG6. Tomar decisiones
- CG7. Trabajo en equipo
- CG11. Razonamiento crítico
- CG12. Compromiso ético
- CG13. Aprendizaje autónomo
- CG17. Motivación por la calidad
- CG18. Sensibilidad hacia temas medioambientales
- CG19. Desarrollar habilidades de investigación
- 36. Aplicar las normas de calidad y seguridad en la actividad desarrollada en el laboratorio biológico y en el medio natural.
- 3. Identificar evidencias paleontológicas
- 4. Identificar organismos y evidencias de su actividad
- 6. Clasificar, evaluar y utilizar recursos naturales
- 7. Aplicar análisis filogenéticos
- 8. Identificar y utilizar bioindicadores
- 9. Construir cartografías temáticas
- 17. Recoger, utilizar, conservar y observar especímenes
- 23. Analizar e interpretar el comportamiento de los seres vivos
- 25. Describir, analizar, evaluar y planificar el medio físico en su relación con los seres vivos
- 26. Identificar problemas ambientales y facilitar soluciones
- 27. Recoger, identificar y utilizar muestras, poblaciones y comunidades
- 28. Gestionar, conservar y restaurar poblaciones y ecosistemas
- 30. Interpretar y crear diseños relacionados con el paisaje
- 32. Recoger información, planificar experimentos e interpretar los resultados
- 1. Diferenciar distintos niveles de organización en el sistema vivo.

## 4.3 Competencias transversales y de materia

- Competencia 1. Comprensión de las pautas y procesos de la evolución biológica
- Competencia 2. Comprensión de las pautas y procesos de evolución en organismos fotosintéticos y fúngicos
- Competencia 3. Conocimiento del registro fósil de plantas y sus implicaciones en la disparidad morfológica actual
- Competencia 4. Capacidad para relacionar la diversidad vegetal actual con los procesos geobiológicos del pasado
- Competencia 5. Desarrollo de habilidades para la conexión entre las escalas temporales y espaciales del cambio ambiental y biótico
- Competencia 6. Capacidad para extraer corolarios ambientalistas desde el registro paleoecológico
- Competencia 7. Comprensión de los mecanismos asociados a la aparición de nuevos proyectos orgánicos en plantas y hongos
- Competencia 8. Comprensión de la importancia de las extinciones en masa y regionales en las pautas biogeográficas actuales
- Competencia 9. Discriminación del papel del hombre como agente modulador de cambios en los ecosistemas



- Competencia 10. Ser capaz de expresarse correctamente en lengua castellana en su ámbito disciplinar.
- Competencia 11. Comprender y expresarse en un idioma extranjero en su ámbito disciplinar, particularmente el inglés.
- Competencia 12. Ser capaz de gestionar la información y el conocimiento en su ámbito disciplinar, incluyendo saber utilizar como usuario las herramientas básicas en TIC.
- Competencia 13. Considerar la ética y la integridad intelectual como valores esenciales de la práctica profesional.
- Competencia 14. Capacidad para trabajar en equipo y para relacionarse con otras personas del mismo o distinto ámbito profesional.
- Competencia 15. Desarrollar habilidades de iniciación a la investigación.

## 5. Contenidos

### TEMA 1. Aproximación a los principios de evolución biológica

Nociones predarwinistas: dogmas creacionistas y esencialismo, catastrofismo, actualismo, lamarckismo. Darwin, Wallace y la selección natural. Darwinismo social. Saltacionismo, mutacionismo y establecimiento de las leyes de la herencia. Elementos conceptuales de la Síntesis Moderna. Plasticidad fenotípica. Adaptación. Especies y especiación, hibridación y poliploidía. Paisajes adaptativos y morfoespacios. Contingencia y determinismo. Reconsideración de la Síntesis Moderna. Sistemática y filogenia. Circunscripción científica de la "botánica evolutiva". Fuentes de la evidencia sistemático-filogenética. El registro fósil y sus métodos de reconstrucción.

### TEMA 2. Primeros eventos evolutivos

Aspectos históricos sobre el origen y evolución de las primeras formas de vida. Primeros ambientes. Experimentos de síntesis prebiótica. Hipótesis del "mundo RNA". Alternativas al escenario acrecionista. Exobiología. Registro arqueano y evolución de la fotosíntesis. Endosimbiosis y origen de los eucariotas, la reproducción sexual y la meiosis. Acrítarcos y radiación proterozoica. Adquisición de la estructura multicelular. Filogenia y delimitación de los grandes grupos de organismos.

### TEMA 3. Evolución de hongos y organismos fúngicos

Definiciones y grupos principales de organismos "fúngicos". Relaciones filogenéticas en hongos ameboides, pseudohongos y hongos verdaderos. Convergencias en el hábito. Origen de los hongos desde coanoflagelados. Radiación de arqueomicotas y conquista del medio terrestre. Posición de los microsporidios. Origen de Neomycota. Registro fósil de ascomicetos y basidiomicetos. Micorrizas. Líquenes. Especiación fúngica en un contexto experimental.

### TEMA 4. OPCIONAL: Adaptaciones evolutivas al estilo de vida micorrízico



Bases genéticas de la evolución micorrícica. Adaptaciones. Perspectivas molecular y genómica.

TEMA 5. Origen, diversificación y tendencias evolutivas en algas y organismos relacionados

Definiciones. "Algas" procarióticas: cianobacterias y cloroxibacterias. Hipobraditelia y versatilidad ecológica en cianobacterias. Endosimbiosis y origen de los grupos de algas eucarióticas. Aspectos evolutivos, registro fósil y filogenias en glaucófitos, cloracniófitos, euglenófitos, criptófitos, haptófitos, heterocontófitos, rodófitos, clorófitos, dinoflagelados y apicomplejos. Morfoespacios acuáticos y paisajes adaptativos.

TEMA 6. OPCIONAL: Avances en ficología

Progresos y nuevas informaciones y modelos filéticos en algas y organismos relacionados. Aspectos biotecnológicos.

TEMA 7. OPCIONAL: Avances en liquenología

Nuevos métodos de análisis filogenético con implicaciones en clasificación de líquenes. Adaptacionismo en líquenes. El estado de la liquenología en España.

TEMA 8. OPCIONAL. Avances en briología

Avances en briología: taxonomía, ecología, filogenia molecular, aplicaciones prácticas. Flora Briofítica ibérica.

TEMA 9. La conquista del aire. Origen y evolución inicial de los embriófitos

Adaptaciones a la vida terrestre. Origen de los embriófitos: ideas sobre el ancestro, escenarios adaptativos, evidencias paleobotánicas y paleoecológicas de la terrestrialización. Evolución de los primeros briófitos y traqueófitos. Cooksonioides. Paleobiogeografía.

TEMA 10. Radiación devónico-carbonífera de traqueófitos y aparición de los primeros bosques

Tendencias en la evolución estelar, foliar y de ciclos vitales. Teoría de los telomas e hipótesis heterocrónicas. Relaciones en riniófitos, zosterofilófitos y trimerófitos. Evolución de micrófilas y esporangios adaxiales: origen de licófitos. Bosques carboníferos de licófitos rizomórficos. Origen y diversificación de los esfenófitos. Posición filogenética de psilotáceas. Helechos: innovaciones morfológicas. Homosporia y heterosporia. Aspectos paleoecológicos en los sistemas forestales del Carbonífero Superior.



#### TEMA 11. Origen de la semilla y diversificación de los espermatófitos

Precisiones conceptuales y aspectos taxonómicos. Semillas devónicas y reproducción hidraspérmica. Progimnospermas y ancestro de los espermatófitos. Importancia filogenética de las pteridospermas: Lyginopteridales y la elaboración del ápice nucelar. Medullosales, Callistophytales y evolución de la platispermia. Flora glosopteridácea de Gondwana. Caytoniales y otras pteridospermas mesozoicas. Registro fósil y origen de cícadas, ginkgos y coníferas. Enigmas evolutivos en gnetófitos. Cicadeoidófitos. Síntesis de las relaciones filogenéticas en gimnospermas. Cambios ambientales y paleoecológicos durante el Mesofítico.

#### TEMA 12. Origen y diversificación de angiospermas

Definiciones. Paradigma ranaliano. Cronología de la aparición: evidencia fósil y relojes moleculares. Área de origen y expansión posterior. Registro precretácico. Contexto físico e hipótesis adaptativas. Interacciones bióticas. Fitogeografía del Cretácico Superior. Especulaciones sobre el ancestro angiospérmico y el origen de la flor y el carpelo: teorías euántica, pseudántica y euántica modificada; gamoheterotopía, relaciones con plantas productoras de *Classopollis*, Gigantopteridales, auge y declive del concepto cladístico de antófito, teoría de Frohlich. Genes MADS-box y origen evolutivo de la flor. Sistemas de clasificación. Controversias en torno al origen del endospermo triploide y la doble fecundación. Perspectivas de la investigación.

#### TEMA 13. Eventos durante el Cenozoico

Cambios ambientales durante el Terciario. Distribución geográfica de la vegetación paleógena. Evolución de gramíneas. Declive de los bosques y expansión neógena de la vegetación xerofítica. Evolución de las plantas C<sub>4</sub> y CAM. Paleofitogeografía del Mioceno y crisis del Mesiniense. Origen de la vegetación mediterránea europea. Filogeografía desde marcadores moleculares. Cambios de vegetación durante el Tardiglacial y Holoceno. Individualismo de la respuesta vegetal al cambio climático. Inercia y respuestas tipo umbral. Fuego y pastoreo en la vegetación mediterránea.

#### TEMA 14. OPCIONES: Progresos en el registro fósil de angiospermas y antófitos

Registro fósil y validez de los restos precretácicos sugeridos para angiospermas. Registro fósil de familias de angiospermas que suponen modificaciones de los árboles filogenéticos o cambios en los conceptos taxonómicos y relojes moleculares. Floras ibéricas cretácicas y precretácicas. Floras cenozoicas de angiospermas en la Península Ibérica.



#### TEMA 15. Paleoflora y Paleovegetación Ibérica

El proyecto Paleoflora y Paleovegetación Ibéricas durante los últimos 66 millones de años. Evolución de floras peninsulares. Extinciones y supervivencias taxonómicas. Extinción filogenética en el continente europeo vs. la Península Ibérica

#### TEMA 16. OPCIONAL. Evolución adaptativa desde un punto de vista geobotánico

Comunidades vegetales de la Península Ibérica. Aspectos corológicos y adaptativos. Importancia en estudios de biodiversidad y cambio climático.

#### TEMA 17. Extinción y supervivencia en la evolución de plantas

Definición, significado y causas de la extinción en masa. Diferencias entre el registro animal y vegetal: eventos Frasnense-Fameniense, Permo-Trías, Triásico-Jurásico, K-T. Fósiles vivientes en el registro vegetal. Extinción y ciencia de la complejidad.

#### TEMA 18. Pautas y procesos de evolución vegetal: hacia un modelo geobiológico

Pautas de cambio evolutivo en el registro fósil de plantas. Discusión de los controles posibles: inducción abiótica y extrínseca, influencia climática de la variación orbital, cambios tectónicos. Causas de la correlación entre los eventos superpluma y los episodios de innovación vegetal. Conclusiones y perspectivas.

#### TEMA 19. OPCIONAL. Paleoetnobotánica y evolución

Conexiones metodológicas entre arqueología y botánica. Interacciones entre mundo vegetal y hombre. Cómo los seres humanos han recurrido históricamente a las plantas alimenticias, cómo se crearon las condiciones culturales-naturales que propiciaron la selección de unas plantas sobre otras para satisfacer distintas necesidades (alimenticias, medicinales, rituales, etc.) y cómo, en ciertos casos, las plantas fueron modificadas intencionalmente e insertadas en diversos sistemas de producción para el aprovechamiento humano.

#### TEMA 20. Conexiones entre la evolución de plantas vasculares y la evolución y paleoecología humanas

Conexiones diacrónicas, pautas y procesos de evolución humana y vegetal. Evolución y paleoecología humanas en África y fuera de África. Primeros eventos: Sahelanthropus, Orrorin, Ardipithecus. De Australopitecinos a Homo sapiens. Extinción neandertal. Factores ambientales.

#### TEMA 21. Colapsos culturales y cambio ecológico



Casuísticas de cambio ecológico inducidas por dinámicas humanas y consecuencias socioeconómicas cifradas en el registro arqueológico. Colapso argárico en el sureste peninsular. Otros colapsos culturales y ecocidios: Mayas, Anasazi, Jemer (Angkor), Rapanui, Groenlandia. Colapsos contemporáneos.

#### TEMA 22. Paleobotánica, paleoarte y educación

Conexiones entre el registro fósil, la investigación paleobotánica, la difusión y la educación de la paleobiología a través del arte y la ilustración científica. Ejemplos derivados del trabajo del Grupo ECCE HOMO, Universidad de Murcia.

#### TEMA 23. Retos durante el Antropoceno

Corolarios conservacionistas de la paleoecología cuaternaria con énfasis en el continente europeo. Implicaciones del concepto de refugio e hidrefugio en territorios templados y áridos, en Eurasia y Africa.

#### TEMA 24. OPCIONAL: Botánica Evolutiva y Medicina Evolutiva

Ejemplos de investigación con metodología evolutiva que producen corolarios en medicina integrativa. Modelos evolutivos para patologías humanas con énfasis en hipótesis adaptacionistas.

## PRÁCTICAS

Práctica 1. PROTOTIPO 1. Comparaciones entre especies fósiles y actuales con acreditada relación de proximidad filogenética: Relacionada con los contenidos Tema 1 y Tema 2

El objetivo de esta práctica será la apreciación de rasgos homólogos y la práctica de una especulación razonable sobre cuáles pueden haber sido las vías de transformación estructural que justifican las diferencias descritas. Las especies seleccionadas deben tener una afinidad filogenética bien contrastada por la investigación evolutiva. La práctica comienza con una visualización de imágenes del representante fósil, con las correspondientes precisiones por parte del profesor sobre terminología y contexto taxonómico, así como cierto énfasis en los rasgos más susceptibles de comparación. Después, mediante el uso de la lupa y del microscopio óptico, el alumno debe hacer una descripción de la especie viviente y confeccionar una tabla con las similitudes y diferencias encontradas respecto a la especie o grupo fósil. A lo largo de la práctica, se puede ir invirtiendo la secuencia descrita, de manera que el estudio descriptivo preceda a la observación de las imágenes sobre fósiles. Idealmente, una práctica de dos horas, debería incluir la comparación de dos o tres pares de especies o grupos. Si se dispone de preparaciones microscópicas permanentes o material de herbario, resulta interesante añadir elementos de diversidad dentro de cada uno de los morfotipos. Este diseño instructivo es posible utilizando una amplia variedad de grupos botánicos. Algunos ejemplos son los siguientes:

- Cianobacterias fósiles-actuales. Para ilustrar las formas fósiles, resultan ideales las morfoespecies del Proterozoico (2500-540 Ma); por ejemplo, las de las formaciones Gunflint (Canadá, 1900 Ma), Duck Creek (Australia, 2000 Ma) y Bitter Springs (Australia, 900 Ma). Disponemos de ilustraciones de los trabajos de Barghoorn & Tyler (1965), Stewart & Rothwell (1993) y Schopf (1994). Aquí podemos observar la hipobraditelia de las cianobacterias, es decir, el hecho de que algunas especies pueden no haber experimentado variación morfológica alguna desde el Precámbrico. Así, hay formas que son prácticamente similares a las actuales: Animkiea y Oscillatoriopsis son similares a Lyngbya y Oscillatoria, Gunflintia es



similar a *Crenothrix*. También conviene proyectar alguna imagen de los microfósiles de las sucesiones Warrawoona (Australia), Onverwacht (Sudáfrica) y Swartkoppie (Swazilandia), las cuales incluyen rocas silíceas no estromatolíticas datadas en torno a 3600-3500 Ma (Schopf & Packer 1987, Schopf 1993, Knoll 1985, 1992, Nisbet & Sleep 2001). En la mayoría de los casos, se trata de esféricos o estructuras alargadas filamentosas, carbonáceas y de tamaño variable, recordando considerablemente a muchas cianobacterias actuales, como *Oscillatoria*. Igualmente, conviene ilustrar las células en fase de división primaria que aparecen en las rocas del Grupo Fig Tree (Sudáfrica, 3100 Ma).

- Glomáceas fósiles-actuales. El elemento comparativo son aquí las clamidósporas, las cuales poseen un acreditado potencial fosilífero desde el Devónico. La mayor parte del material disponible en imágenes proviene de fósiles carboníferos, pero tenemos preparaciones permanentes de sedimentos cuaternarios en los que *Glomus* es abundante. El ejercicio es importante porque estas estructuras representan evidencias de interacción simbiótica entre hongos y plantas terrestres.

- Lepidodendráceas-Isoetes. Las lepidodendráceas predominaron en los bosques del Carbonífero europeo y norteamericano. *Lepidodendron* es el género tipo de estructura permineralizada, pero hay muchos otros, como *Lepidophloios*, *Sigillaria*, *Paralycopodites* y *Synchysidendron*. En el género *Isoetes*, el hábito arborescente ha desaparecido, sin embargo la reducción en el número de megásporas por esporangio no es tan acusada como en lepidodendráceas. Existen, por otro lado, coincidencias notables, como la existencia de rizomorfo, el desarrollo bipolar, las micrófilas liguladas, la heterosporia y la bisexualidad, la dehiscencia del megasporangio y un buen número de similitudes en la anatomía foliar y caulinar. Conviene ilustrar la línea reductiva que iría desde Lepidodendrales hasta los actuales Isoetales, pasando por géneros como *Pleuromeia* (Triásico), *Nathorstiana* (Cretácico), y finalmente *Stylites* (Cenozoico). Sin embargo, al mismo tiempo es necesario enfatizar que esta línea reductiva no corresponde a una tendencia filogenética demostrada. La filogenia más conveniente queda reflejada en el diagrama de Bateman (1996), que demuestra que la reducción vegetativa es un fenómeno reiterativo entre licópsidos ligulados rizomórficos, habiendo evolucionado al menos dos o tres veces.

- Calamitáceas-Equisetum. Existen importantes similitudes entre Calamites y Equisetum: (1) morfología general en nudos y entrenudos, hojas verticiladas (*Annularia*, *Asterophyllites*), (2) hábito rizomatoso, (3) micrófilas fusionadas formando vainas, (4) estructura interna con canales carinales y valeculares, así como una médula, (5) conos con verticilos de esporangióforos peltados (*Calamostachys*, *Calamocarpon*, *Paracalamostachys*, *Palaeostachya*) y (8) esporas con eláteres (*Calamospora*, *Elaterites*). Sin embargo, a diferencia de las equisetáceas, algunas calamitáceas eran heterospóricas (*Calamocarpon*) y presentaban aperturas triletas. El profesor insistirá en que la evolución de ambos grupos es paralela, siendo obvia la existencia de ancestros comunes. La existencia de heterosporia puede ser relacionada con la frecuente aparición de pautas de distribución bimodal en los tamaños esporales de Equisetum.

- Medulosáceas-Cycas. El número de similitudes morfológicas es considerable: hábito, monostelia en el tallo, existencia de trazas foliares en la parte exterior del tronco, conductos mucilaginosos, estomas haploqueílicos, semillas sobre estructuras de origen foliar y con una anatomía muy similar (sarcotesta, esclerotesta, endotesta, etc), zoidogamia, polen monosulcado, etc. Cabe resaltar la principal diferencia: el enorme grado de especialización de los órganos polínicos de medulosáceas y la simplicidad de los microsporófilos de cícadas. La perspectiva teórica debe ser la de que las cícadas podrían haberse originado desde medulosáceas primitivas con los órganos polínicos poco especializados.

NOTA: En el momento en que se redacta esta guía, no están clara la organización docente del Area, a falta de algunos procesos de alta o baja de personal de profesorado. Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

Práctica 2. PROTOTIPO 2. Comparaciones entre órganos reproductores de familias de angiospermas: Relacionada con los contenidos Tema 11, Tema 12, Tema 13, Tema 16, Tema 15 y Tema 14



El objetivo es la búsqueda de explicaciones para la transformación evolutiva en casos de ancestro común, o de hipótesis adaptativas cuando lo evidente sea la homoplasia.

Hay un par de casos que suelen resultar atractivos por tratarse de familias con peculiaridades morfológicas y síndromes polinizadores muy particulares. El primero viene representado por el par apocináceas-asclepiadáceas (hoy familia apocináceas). El segundo por el par aristoloquiáceas-aráceas. La comparación entre especies como *Vinca minor* y *Periploca angustifolia* nos lleva a contemplar la transformación de la corona en una compleja estructura nectarífera, la concrecencia del androceo en un ginostegio y la cohesión del contenido polínico de dos lóculos adyacentes en una másula (*Periploca*) o polinio (*Asclepias*), con la posibilidad de que, en el translador, un viscidio se asocie a una másula (*Periploca*) o a dos polinios (*Asclepias*). Se notará también la presencia común de látex, la protandria, flores pentámeras, perianto diclamídeo, androceo isostémono con estambres epipétalos, anteras sagitadas, biloculares e introrsas, gineceo sincárpico dicarpelar, placentación axial, fruto en bifolículo y semillas comosas. La fórmula floral es casi idéntica, excepto en la soldadura de las anteras de asclepiadáceas. Se dibujarán también los diagramas florales, incluyendo la forma y posición de los nectarios.

En contraste con este caso, en el que las similitudes se deben a la existencia de un parentesco común, la comparación de *Aristolochia baetica* y *Arisarum vulgare* nos sirve, casi metafóricamente, para ilustrar la convergencia. En principio, ésta se evidencia con claridad porque la naturaleza de los órganos a comparar no es la misma (flor en aristoloquiáceas, inflorescencia en aráceas). Hay que decir que ambas especies también se encuentran disponibles en la zona costera de Murcia en la época del año en que se desarrolla la docencia de Botánica Evolutiva. La flor de *Aristolochia baetica* se comparará, pues, con la inflorescencia de *Arisarum vulgare*. En ambos casos existe un síndrome polinizador que consiste en la "retención" eventual de los insectos dentro de una estructura reproductora que adopta la configuración de un trampa. Nótese la concurrencia común de proteroginia, la existencia de una "urna" petaloidea (cáliz en *Aristolochia*, espata en *Arisarum*), la ausencia de néctar y corola, la simplificación del androceo (ginostemo de *Aristolochia*) y de las flores masculinas (*Arisarum*). Cabe anotar también las profundas diferencias en los tipos foliares, gineceo (hexacarpelar con ovario ínfero en *Aristolochia*, ovario súpero en *Arisarum*), frutos (cápsula basicida hexavalvar en *Aristolochia*, baya en *Arisarum*).

A efectos de justificar relaciones filogenéticas, se pueden encontrar otros casos de estudio a través de comparaciones como: araliáceas (*Hedera helix*) con apiáceas (*Foeniculum vulgare*), amarantáceas (*Amaranthus* sp.pl.) con quenopodiáceas (*Chenopodium murale*, *Atriplex glauca*, *Salsola genistoides*), malváceas (*Hibiscus rosa-sinensis*) con bombacáceas (*Chorisia speciosa*), ulmáceas (*Ulmus minor*) con urticáceas (*Urtica urens*, *Parietaria judaica*), boragináceas (*Cynoglossum cheirifolium*, *Echium*) con lamiáceas (*Thymus hyemalis*). Desde luego, el mismo ejercicio es válido si comparamos especies de la misma familia (ej. *Arbutus unedo* con *Erica multiflora*). Como en los ejemplos detallados arriba, en todos estos casos, existe también la posibilidad de recolección de material en el período lectivo.

NOTA: Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

Práctica 3. PROTOTIPO 3. Disparidad vegetal: Relacionada con los contenidos Tema 10, Tema 11, Tema 12, Tema 17, Tema 16 y Tema 15

El objetivo es ampliar cognitivamente el espectro de diversidad anatómica, morfológica y funcional en aquellos grupos que hayan sido tratados más sucintamente en la asignatura de Botánica General de primer curso. Algunas opciones posibles son:

- Pteridófitos. Observación de las innovaciones asociadas a la aparición y diversificación de las primeras plantas vasculares. Esto incluye micrófilas y megáfilas, eusporangios y leptosporangios, megásporas y micrósporas, esporas triletas y monoletas, soros desnudos, pseudoindusios e indusios. Se cuenta con material de herbario para *Ophioglossum lusitanicum*, *Botrychium lunaria*, *Psilotum nudum*, *Selaginella denticulata*,



Isoetes histrix, Lycopodium clavatum, Hymenophyllum tunbrigense, Vandenboschia speciosa, Phegopteris connectilis, Stegnogramma pozoi, Blechnum spicant, Davallia canariensis, Osmunda regalis, Athyrium filix-foemina y Marsilea strigosa.

- Gimnospermas. Conviene especialmente Ginkgo biloba y Ephedra fragilis, ya que disponemos de otra referencia práctica a los ginkgófitos y gnetófitos, dos grupos sobre los que se hace una importante discusión filogenética en la asignatura. En ambos casos, es conveniente enfatizar la comparación con Cycas y Pinus, así como establecer las semejanzas entre Ephedra y las angiospermas (tubo micropilar, envueltas del óvulo, androstróbilos con aspecto de estambres, etc). Es preciso mencionar la existencia de doble fecundación y vasos en Ephedra. Se observarán también los granos de polen de, al menos, una especie de cada uno de los grandes grupos de gimnospermas. En el caso de Ephedra, conviene proyectar alguna imagen de polen taeniado del Pérmico o Triásico, para su comparación con las formas poliplicadas actuales. En el caso de Ginkgo biloba, es también conveniente proyectar alguna imagen mostrando la existencia frecuente de óvulos ectópicos sobre hojas y la variación en el número de óvulos por collar.

- Angiospermas. Conviene observar rasgos no visualizados el curso anterior: estambres con dehiscencia valvar y nectarios estaminales (Laurus nobilis), anteras poricidas (Erica multiflora, Arbutus unedo, Solanum nigrum), flores epiperíginas y desarrollo del pomo (Eriobotrya japonica, Malus), hipanto en Thymelaea hirsuta, poligamia en Schinus molle y Ceratonia siliqua, estambres poliadelfos y desarrollo centripeto de placentas en cucurbitáceas (Ecballium elaterium, Cucumis sativus), androceos diplostémonos (Oxalis pes-caprae), nectarios septales (Asphodelus), pétalos polimórficos (Fumaria, Reseda), androginóforos (Reseda, Silene), núculas gloquidiadas (Cynoglossum, Torilis), etc.

NOTA: Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

Práctica 4. PROTOTIPO 4. Síndromes adaptativos: Relacionada con los contenidos Tema 1, Tema 10, Tema 11, Tema 12, Tema 13, Tema 4, Tema 6, Tema 8, Tema 16, Tema 7, Tema 20, Tema 15, Tema 21, Tema 14, Tema 2, Tema 3, Tema 5 y Tema 9

Enfoque adaptativo resaltando por contraste la existencia de variación no explicable por selección natural. Se utilizarán con prevalencia ejemplos de angiospermas. Por ejemplo, el estudio de la morfología floral de Viola arborescens permite apreciar el significado adaptativo de la configuración espacial de las piezas florales en la polinización a través de insectos nectarívoros: singenesia en anteras con conectivo desarrollado, nectarios estaminales dirigidos hacia un espolón, contrastes de colores en los pétalos, etc. La frecuente cleistogamia en Viola es un aspecto que puede ser señalado, así como la incidencia de la autogamia sobre las poblaciones de la especie en cuestión. En la época de la práctica, suele existir material en flor para hacer un breve "paseo adaptativo" a través de diferentes especies con inflorescencias pseudánticas: asteráceas, dipsacáceas, globulariáceas, Muscari neglectum, Lavandula dentata, Bougainvillea, Teucrium, etc. El parasitismo ofrece buenas oportunidades: haustorios de Cuscuta epithimum, semillas de Viscum, etc. También sobre los síndromes polinizadores, conviene traer al laboratorio varias especies de angiospermas anemógamas (Ulmus minor, Urtica urens, Parietaria judaica, Acer negundo, Phragmites australis), a fin de observar la frecuencia de estigmas plumosos y desarrollados, dehiscencia estaminal violenta, polen pequeño y porado, etc). Los síndromes de dispersión por autocoria (Ecballium, Erodium), anemocoria (Ulmus, Acer, Nerium), epizocoria (Torilis, Daucus, Xanthium, Hordeum), endozocoria (Malus, Pyrus) y mirmecocoria (Ricinus, Euphorbia) resultan fácilmente ilustrables. Otro caso puede ser la comparación de Artemisia con alguna asterácea entomófila (Senecio linifolius, Crepis vesicaria), o de Sanguisorba con alguna rosácea también entomófila. Estudiando Artemisia, por ejemplo, cabe notar la reducción de las dimensiones del capítulo, flores y polen, así como, sobre todo, el hecho de que la escultura microequinada de este último sólo se pueda apreciar al MEB, mientras que resulta muy conspicua en las asteráceas entomófilas.

Los líquenes ofrecen la oportunidad de estudiar los rasgos de protección de la capa algal a la radiación ultravioleta y la desecación. Se pueden observar las variaciones en la posición y lobulación del talo en Cladonia



convoluta, o la presencia de un córtex grueso y capa epinecral en *Peltula* o *Cathapyrenium*. Otra opción directa es trabajar con adaptaciones morfológicas y anatómicas a la aridez. Se pueden encontrar rasgos entre las algas (zigóspora de muchas zignematáceas, oogonios de caráceas), briófitos (filidios recurvados con pelos y papilas como en *Syntrichia*, perisporios gruesos de potiáceas, estrategias itinerantes de vida corta como en la cleistocarpia de *Phascum*), pteridófitos (frondes pelosas como las de *Cosentinia vellea*), gimnospermas (xeromorfismo en *Ephedra fragilis*), y desde luego en angiospermas: morfología crasicaule (*Sarcocornia*, *Arthrocnemum*, *Carpobrotus*), hojas carnosas (*Sedum*, *Aloe*, *Suaeda*), linear-revolutas (*Thymus*, *Rosmarinus*), o escumiformes (*Thymelaea*, *Tamarix*), indumentos farinosos (*Atriplex*), pelos peltados (*Helianthemum squamatum*) o candelabriformes (*Verbascum*), hojas transformadas en espinas, cladodios (*Opuntia*), cutículas gruesas, estomas hundidos en criptas, mesófilos pluriestratificados, etc.

NOTA: Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

#### Práctica 5. PROTOTIPO 5. Estructuras vestigiales : Relacionada con los contenidos Tema 1

El objetivo primario es evidenciar la evolución a través de la existencia actual de estructuras o rasgos vestigiales, los cuales, por sí mismos, prueban la "imperfección" del proceso evolutivo en contra de las ideas creacionistas, que asumen la perfección y permanencia de diseños. La vestigiación es, por otro lado, una forma positiva de aproximarse al componente histórico del concepto evolutivo. Las posibilidades son amplias: nectarios vestigiales en algunas quenopodiáceas, estaminodios de *Oxalis*, lodículas de gramíneas, ornamentación microequinada en *Artemisia* (ancestros equinados), cemento polínico en especies anemógamas (esto se ilustrará con alguna diapositiva de polen al MET), estípulas en hojas simples con ancestros de hojas compuestas (muchas fabáceas), lóculos ováricos abortados en valerianáceas, etc. El segundo aspecto teórico que subyace a esta práctica es el de la variación no explicable por selección o, si por decirlo de otro modo, no fácilmente interpretable en términos adaptativos. Existen grupos de organismos y estructuras que son de gran utilidad para desarrollar esta idea.

Se utilizará parcialmente material de herbario, así como preparaciones microscópicas permanentes. Una opción será un repaso a las pequeñas variaciones que se producen dentro de un cuadro general de reiteración escultural en los frústulos de diatomeas, perina de las esporas de musgos, exosporio de ascósporas o ectexina y tipos aperturales del polen de algunas familias de dicotiledóneas (asteráceas, apiáceas, fabáceas, cariofiláceas,), apotecios de líquenes, etc. Esta práctica pretende invitar a la reflexión sobre la incertidumbre que rodea a los modelos panadaptacionistas que forman la base de muchos cursos de evolución. Cualquier aproximación mecanicista de los procesos biológicos resulta, hoy, una simplificación. Estos son, por naturaleza, intrínsecamente complejos. Las explicaciones fisicistas tienen dos problemas esenciales en biología. El primero es que la complejidad de los organismos hace imposible su evaluación a través de leyes puramente físicas. Los seres vivos operan a niveles muy diferentes del átomo. La evolución no es un proceso mecánico, sino histórico. Se observará que existe una aparente falta de correlación entre adaptación y hábitat y que hay rasgos que parecen independientes de las necesidades adaptativas.

NOTA: Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

#### Práctica 6. PROTOTIPO 6. Inferencia paleoambiental: Relacionada con los contenidos Tema 12, Tema 13, Tema 17, Tema 18 y Tema 14

Esta práctica se condiciona a la existencia de una buena colección de preparaciones micropaleontológicas permanentes. Entre las criptógamas, algunos microfósiles idóneos para esta actividad son las colonias de *Botryococcus*, zigósporas de zignematáceas (*Zygnema*, *Spirogyra*, *Mougeotia*), desmidiáceas (*Closterium*);



cianobacterias (*Rivularia*), clamidósporas de glomales (*Glomus*), ascósporas (*Gelasinospora*, Sordariáceas), basidiósporas (*Tilletia*), u otros microfósiles fúngicos (*Polyadosporites*, *Diadosporites*, *Fusiformisporites*), esporas de pteridófitos (*Equisetum*), etc . Entre los tipos polínicos, podríamos utilizar material cuaternario del Tardiglaciario que incluyera *Quercus*, *Pinus*, *Betula*, *Corylus*, *Juniperus*, *Poaceae*, *Artemisia* y *Ephedra*. Este es un período de grandes cambios en la vegetación, generalmente debidos a la dinámica climática episódica del proceso de deglaciación. Otra posibilidad es incluir una secuencia larga que cubra el final del último episodio glaciario y el comienzo del Holoceno. Finalmente, es probable que en las preparaciones aparezcan microfósiles de afinidad biológica desconocida o dudosa, como *Pseudoschizaea*, Tipos 128, 119, 984, 985 (Van Geel et al. 1989, Carrión & Van Geel 1999). Estos deben ser incluidos en el ejercicio, porque su valor paleoecológico está en muchos casos bien establecido.

Sobre todo en el caso de microfósiles no polínicos, es imprescindible proporcionar una tabla con la indicación paleoecológica, la distribución cronoestratigráfica y la afinidad biológica de cada tipo observado. Con esa información y después de la fase de reconocimiento sobre las observaciones microscópicas iniciales, cada alumno o grupo de alumnos debe hacer un recuento de los microfósiles encontrados a lo largo de una preparación microscópica que represente un intervalo de tiempo conocido con anterioridad. El resultado final se representará en la pizarra a modo de diagrama ilustrativo de la variación temporal de cada uno de los palinomorfos. Dicho diagrama no debe incluir más de 10 o 12 muestras y no más de 10 y 15 taxa de valor ecológico definido. Lógicamente, la interpretación dependerá de la calidad analítica de los espectros, pero parece intuible que aquella será puramente paleolimnológica en el caso de microfósiles planctónicos algales y tal vez paleoclimática si estamos haciendo un recuento de tipos polínicos, aunque en este último caso conviene enfatizar al alumnado que se está utilizando una aproximación uniformista. Durante el curso de la observación microscópica inicial, se puede aprovechar para revisar algunos aspectos adaptativos de la morfología esporal y polínica, así como para recordar la morfología de los palinomorfos más habitualmente mencionados en las clases teóricas por su significado filogenético (esporas triletas y monoletas, polen sacato, poliplicado, monosulcado, tricolpado, poliaperturado, etc).

NOTA: Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

#### Práctica 7. PROTOTIPO 7. Estudios morfológicos sobre "fósiles vivos": Relacionada con los contenidos Tema 1, Tema 17 y Tema 18

Se ha comprobado que la observación de los principales "protagonistas" del fenómeno de supervivencia evolutiva de plantas, la sensación de estar en presencia de algo "añejo", produce cierta excitación intelectual. Si no han sido consideradas en otras prácticas, aquí podríamos incluir el estudio de especies como *Ginkgo biloba*, *Taxus baccata* y *Ephedra fragilis*, así como la observación de algunos pliegos de herbario (*Lycopodium*, *Osmunda*, *Araucaria*, *Metasequoia*, *Sequoia*, *Nothofagus*, etc)

NOTA: Las prácticas son PROTOTIPOS porque serán seleccionadas tanto en su impartición como en sus contenidos específicos, de acuerdo con el número de alumnos por grupo, las disponibilidades presupuestarias y de apoyo humano, así como las posibilidades de incorporar componente crediticio en formato de trabajo de campo o excursión guiada.

#### Práctica 8. PROTOTIPO 8. Visitas a Jardines Botánicos y Museos : Relacionada con los contenidos Tema 11, Tema 12, Tema 19, Tema 15, Tema 22, Tema 2, Tema 5 y Tema 9

Probablemente, por razones presupuestarias, el caso más realizable es el de una visita de uno o dos días al Jardín Botánico de Valencia o al Jardín Botánico de Córdoba, incluyendo su sección de Paleobotánica. Otra opción es el Museo Geominero, Madrid, el Jardín Botánico de Madrid, o el Museo de Ciencias Naturales, Madrid.



La realización de las prácticas de campo que necesitan desplazamiento en autobús queda condicionada a la disponibilidad presupuestaria de la Universidad de Murcia para ese fin. En caso de no poder ser realizadas, serán sustituidas por otras actividades digitales o presenciales

**Práctica 9. PROTOTIPO 9. Salidas al Campo:** Relacionada con los contenidos Tema 18, Tema 16, Tema 20, Tema 15, Tema 22, Tema 23 y Tema 24

El campo permite la realización de un buen número de actividades en grupo, cuya culminación o discusión puede tener lugar al final de la jornada. Es necesario programar el alojamiento en un hotel o albergue que disponga de una sala amplia, con instalación eléctrica para algunas lupas y microscopios, algo de mobiliario y pantalla para proyección de diapositivas o transparencias. Los aspectos adaptativos (xeromorfismo, halofitismo, biotipos cacuminales, esciofilia, síndromes de polinización y dispersión, etc) se aprecian bien en el trabajo de campo, aunque el profesor dejará claro que existen rasgos cuyo valor adaptativo es discutible y algunos que, muy probablemente, no tengan nada que ver con el proceso de selección natural o con los rasgos actuales del hábitat. Una perspectiva de contingencia histórica subyacerá a cualquier explicación, especialmente si se analizan procesos de coevolución. Algunas áreas del sureste ibérico que resultan ideales para esta actividad son el litoral murciano meridional, los yesos de Sorbas, el Desierto de Tabernas, el complejo de las sierras de Filabres y Baza, las Sierras de Segura y Alcaraz, etc. En estas salidas podemos enfatizar aspectos como el endemismo, la hibridación y la introgresión, la disyunción, el estrés del crecimiento sobre suelos venenosos, el xerofitismo, la colonización de cultivos abandonados, las adaptaciones sobre arenas, yesos y suelos halomorfos, las consecuencias florísticas de la antropización, los pisos de vegetación, las repoblaciones, el pirofitismo y la dinámica post-incendio, etc.

NOTA: La realización de las prácticas de campo que necesitan desplazamiento en autobús queda condicionada a la disponibilidad presupuestaria de la Universidad de Murcia para ese fin. En caso de no poder ser realizadas, serán sustituidas por otras actividades digitales o presenciales tales como visualización, interpretación y dibujo de fósiles vegetales. Este trabajo implicaría especulación morfológica basada en datos de filogenia y reloj molecular.

**Práctica 10. MORFOLOGÍA DE MICORRIZAS :** Relacionada con los contenidos Tema 4 y Tema 3

Morfología de micorrizas arbusculares y comparación con registro fósil

**Práctica 11. PLANTAS CARNÍVORAS:** Relacionada con los contenidos Tema 12 y Tema 15

Clase teórico-práctica sobre plantas carnívoras. Generalidades, Clasificación, Origen y Descripción de todos los géneros de plantas carnívoras.

La parte práctica consistiría en ver in situ diferentes plantas vivas para observar trampas y su funcionamiento. Así mismo, se podría diseccionar la trampa de una Sarracenia.

Justificación: Desarrollo y adaptación a suelos pobres en nutrientes. Aparición del carnivorismo en diferentes puntos a lo largo de la evolución.

**Práctica 12. ADAPTACIONES EN BRIÓFITOS:** Relacionada con los contenidos Tema 8 y Tema 9

Clase práctica sobre los 3 grandes grupos de briófitos, Anthocerotopsida, Marchantiopsida y Bryopsida. Clasificación y descripción de los grupos, desde los primeros colonizadores del medio terrestre hasta los briófitos más evolucionados con peristoma. Visualización in situ con lupa electrónica de diferentes muestras de briófitos. Montaje de muestras y realización de cortes transversales de caulidios y filidios para observar a microscopía electrónica.

Justificación: Desarrollo y evolución de los primeros colonizadores del medio terrestre.



Práctica 13. DIALIPÉTALAS Y SIMPÉTALAS: Relacionada con los contenidos Tema 12, Tema 13, Tema 15 y Tema 14

Clase práctica de determinación de 2-3 especies con claves de identificación (Flora de Murcia). Idealmente, se incluirá también una cariofilácea o amarantácea. Para las dialipétalas se puede determinar una crucífera, como *Moricandia arvensis*, y para las simpétalas alguna solanácea (*Nicotiana glauca* o *Solanum bonariense*), labiadas (*Rosmarinus* o *Salvia* o *Lavandula*) o una boraginácea (*Heliotropium europaeum*).

Justificación: Evolución de los niveles de desarrollo respecto a la progresión de los caracteres florales, desde los más primitivos hasta los más evolucionados en estos grupos de plantas vasculares.

## 6. Metodología Docente

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
CLASES TEÓRICAS	<p>LECCIÓN MAGISTRAL. Encontramos las siguientes ventajas y casuísticas:</p> <p>alumnado relativamente numeroso, clases que se desarrollan en tiempos cortos; el método hace posible la presentación de una síntesis de muchas fuentes, es efectivo para transmitir contenidos y proporcionar una visión general sobre el tema, no está cerrado al debate o a la acción tutorial posterior.</p> <p>El profesor responsable de esta asignatura discrepa de la noción común de que la lección magistral fomenta la memorización ni que favorezca el dogmatismo o la pasividad estudiantil, o que atente contra el ritmo individual de aprendizaje. Estos problemas no surgen de las características del método sino más bien de la actitud psicológica del profesor, la calidad expositiva y organizativa del discurso y el precedente educativo y socio-cultural del alumno. Entiendo que la lección magistral debe discurrir a un ritmo suficientemente pausado como para que el alumno pueda tomar las notas que estime convenientes, pero no tanto como para que adquiera los rasgos propios de un "dictado". Esto obliga a la referencia bibliográfica y búsqueda activa de fuentes adicionales de información; ejercicio</p>	30	66	96.00

Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
	<p>El Área de Botánica dispone de dos laboratorios con capacidad para unos 25 alumnos y un tercer laboratorio que puede albergar unos 50 alumnos. Asimismo, hay unas 45 lupas binoculares, 30 microscopios, dos sistemas ópticos con monitores de TV conectados a su microscopio, proyectores, retroproyectores, bibliografía, etc.</p> <p>En el laboratorio, unos objetivos de aprendizaje que parecen realistas podrían ser (1) aumentar el espectro de diversidad vegetal para los grupos estudiados en el curso de botánica básica, especialmente los cormófitos, (2) estimular actitudes mentales para favorecer la comparación de caracteres en grupos diferentes, (3) evidenciar que el proceso evolutivo es una realidad que se manifiesta a través de numerosos aspectos macro y microscópicos de las plantas, y de forma general, (4) tratar de provocar la sensación de que las plantas tienen cosas interesantes que decirnos, que han cambiado a lo largo del tiempo geológico, y que estos cambios tienen un sentido en el marco del paradigma evolutivo, sin menoscabo de los dilemas e incertidumbres que algunos tópicos plantean para la investigación.</p>			
	<p>El contexto fitogeográfico es comparativamente favorable a la recolección vegetal en un período del año que no resulta idóneo para</p>			



Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
	<p>Se trata de un ejercicio que requiere trabajo personal o en grupo durante algunas semanas y la culminación en el aula a través de una sesión de discusión y debate. Esta actividad se halla condicionada a la selección de la documentación científica pertinente, para lo cual el alumno debe ser orientado por el profesor, especialmente en lo relativo a la selección de fuentes internautas. Obviamente, esta actividad supone también la implicación directa del profesor en la fase de elección del tema, formulación de objetivos, metodología expositiva, consultas para resolver dudas y determinación de un calendario. A continuación listamos algunos tópicos adecuados a esta actividad, todos los cuales son discutidos o referenciados en los temas correspondientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Stephen Jay Gould versus Richard Dawkins: contingencia y determinismo en la historia evolutiva</li> <li>- Darwinismo social</li> <li>- "Evolucionismo" en Linneo.</li> <li>- Bases de datos en Tree of Life (<a href="http://tolweb.org/tree">http://tolweb.org/tree</a>)</li> <li>- Los "microfósiles" del meteorito Allan Hills y las presunciones de vida en Marte</li> </ul>			
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Extinción de algas bentónicas y fitoplancton durante el evento Frasnense-Fameniense (364 Ma)</li> </ul>			



Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
TUTORÍAS	<p>Esta actividad implica la disponibilidad del profesor para sus alumnos en el despacho número 7 de la cuarta planta de la Facultad de Biología (JS CARRIÓN). Se tratará de individualizar la enseñanza y ajustarla a las características personales de cada alumno. Individualizar y personalizar la enseñanza universitaria es una necesidad urgente en una universidad masificada, donde la relación y comunicación entre profesor y cada alumno es siempre difícil y a veces imposible. La tutoría es un método centrado en el alumno frente a otros centrados en el profesor (por ejemplo, la lección magistral) o centrado en la materia (por ejemplo, el seminario). En las tutorías, el profesor se preocupa de desarrollar las capacidades e intereses específicos de los alumnos y ofrecer retroalimentación del trabajo realizado por el alumno.</p>	2	1	3.00



Actividad Formativa	Metodología	Horas Presenciales	Trabajo Autónomo	Volumen de trabajo
CLASES PRÁCTICAS DE CAMPO	Serán una alternativa a las prácticas tradicionales si la evolución de la pandemia lo requiere. Se basarán en el ejercicio comparativo de rasgos morfológicos y ecológicos de plantas. Un escenario posible es el Campus de Espinardo, que en realidad viene a hacer las veces de Jardín Botánico por su elevada diversidad vegetal.	10	1	11.00
	Total	59	91	150

## 7. Horario de la asignatura

<https://www.um.es/web/estudios/grados/biologia/2023-24#horarios>



## 8. Sistema de Evaluación

Métodos / Instrumentos	Pruebas orales (exámenes). Pruebas orales realizadas por los alumnos para mostrar los conocimientos teóricos y prácticos adquiridos.
Criterios de Valoración	<p>El examen servirá para tratar de definir no sólo el nivel de comprensión de los conocimientos básicos, sino también el del esfuerzo realizado, la participación y grado de desarrollo de aptitudes no específicamente memorísticas, como la capacidad crítica, de relación de ideas, fundamentación de argumentos, claridad expositiva y coherencia en los planteamientos dialécticos del tema evolutivo considerado. Un examen oral permite una evaluación inmediata y nos indica mejor el grado de formación conseguido, al darnos la oportunidad de aumentar o no la dificultad de las preguntas según la capacidad del alumno para responder.</p> <p>Se incluirán preguntas relacionadas con todas las actividades, incluyendo sesiones de prácticas y salidas al campo o museos.</p> <p>Habrá inclinación por preguntas breves y directas, puesto que las dotes retóricas se ven muy reducidas en un contexto que suele resultar estresante para el alumno. El examen incluirá contenidos analizados y trabajados en las clases prácticas y seminarios.</p>
Ponderación	100
Métodos / Instrumentos	Informes escritos, trabajos, memorias, proyectos, cuadernos de prácticas, etc.: trabajos escritos con independencia de que se realicen individual o grupalmente.
Criterios de Valoración	
Ponderación	0
Métodos / Instrumentos	Ejecución de tareas prácticas. Actividades de laboratorio, de campo, de gabinete y en aulas de informática para mostrar el saber hacer en la disciplina correspondiente
Criterios de Valoración	
Ponderación	0

### Fechas de exámenes

<https://www.um.es/web/estudios/grados/biologia/2023-24#exámenes>



## 9. Resultados del Aprendizaje

## 10. Bibliografía

### Bibliografía Básica



<https://www.paleofloraiberica.org/> paleoflora y paleovegetación ibérica



Carrión JS. 2003. Evolución Vegetal. Diego Marín Editor, Murcia



Devesa JA, Carrión JS. 2012. Angiospermas. Apuntes sobre su origen, clasificación y diversidad. Ministerio de Medio Ambiente, Servicio Publicaciones de la Universidad de Córdoba.



Carrión JS, Fernández S, Fuentes N (Eds). 2006. Paleoambientes y Cambio Climático. Quaderna. Fundación Séneca, Agencia Regional de Ciencia y Tecnología, Murcia

### Bibliografía Complementaria



Willis, K.J. & McElwain. 2002. The evolution of plants. Oxford University Press.



THE PALEOBIOLOGY DATABASE



ARTÍCULOS, CAPÍTULOS DE LIBRO Y OTRAS REFERENCIAS WEB SERÁN PROPORCIONADAS EVENTUALMENTE DETRÁS DE CADA LECCIÓN TEÓRICA, CLASE PRÁCTICA, SEMINARIO O TUTORÍA



Bennett, K.D. 1997. Evolution and ecology. The pace of life. Studies in ecology. Cambridge University Press, Cambridge.



Carrión JS, Leroy S. 2010. Iberian floras through time: land of diversity and survival. Review of Palaeobotany and Palynology 162. VOLUMEN ESPECIAL



Carrión JS, Navarro C, Munuera M, Sáez F, Guerra J, Cano MJ. 1997. Manual descriptivo de cormófitos. Diego Marín Editor, Murcia



Friis EM, Crane PR, Pedersen KR. 2012. Early flowers and angiosperm evolution. Cambridge University Press



-  Gensel, P.G. & Edwards, D. 2001. Plants invade the land. Evolutionary and environmental perspectives. Critical Moments & Perspectives in Paleobiology and Earth history. Columbia University Press, New York.
-  Gould, S.J. 2002. The structure of evolutionary theory. Belknap, Harvard.
-  Niklas, K.J. 1997. The evolutionary biology of plants. University of Chicago Press, Chicago.
-  Stewart, W.N. & Rothwell, G.W. 2000. Paleobiology and the evolution of plants. Cambridge University Press, Cambridge.
-  Taylor TN, Taylor EL & Krings M. 2009. Paleobotany: The biology and evolution of fossil plants, 2ª ed. Elsevier Academic Press, Burlington.
-  Thomas, BA. & Spicer, RA. (1987) The evolution and palaeobiology of land plants. Croom Helm. London.
-  White M. 1998. The greening of Gondwana. The 400 million year story of Australian Plants. Kangaroo Press. Sidney.

## 11. Observaciones y recomendaciones

NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES. Aquellos estudiantes con discapacidad o necesidades educativas especiales podrán dirigirse al Servicio de Atención a la Diversidad y Voluntariado (ADYV; <http://www.um.es/adv/>) para recibir orientación sobre un mejor aprovechamiento de su proceso formativo y, en su caso, la adopción de medidas de equiparación y de mejora para la inclusión, en virtud de la Resolución Rectoral R-358/2016. El tratamiento de la información sobre este alumnado, en cumplimiento con la LOPD, es de estricta confidencialidad. :

Esta asignatura se encuentra vinculada de forma directa con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): nº15. Vida y Ecosistemas Terrestres, nº 13 Acción por el Clima y nº 14 Vida Submarina.