

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA ENSEÑANZA DEL TEMA

Impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales

Libverda

EFA EL SOTO FORMACIÓN PROFESIONAL

ALSUD ESCOLA PROFISSIONAL

Co-funded by the European Union

Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a sus autores y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea ni los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser consideradas responsables de ellos.

Índice

- 1. Introducción y contexto
- 2. Objetivos educativos
- 3. Contenidos y temas
  - 3.1. Ecosistemas forestales: tipos y características
  - 3.2. Cambio climático
  - 3.3. Impactos en los bosques
  - 3.3.1. Impactos del cambio climático en los bosques: tabla comparativa
  - 3.3.2. Impactos sobre la naturaleza y la fauna silvestre

    3.4. Soluciones y estrategias de actuación: visión común y prioridades regionales

    3.4.1. Adaptación

    3.4.2. Mitigación

    3.4.3. Regeneración natural y fortalecimiento de la resiliencia

    3.5. Participación juvenil y educación climática

4. Orientaciones metodológicas para el profesorado
5. Estudios de caso y ejemplos prácticos
6. Contenidos interactivos y multimedia
7. Ideas para la cooperación internacional
8. Bibliografía y recursos recomendados

1. Introducción y contexto

El cambio climático es uno de los mayores desafíos del siglo XXI. Se entiende como una alteración persistente de los patrones climáticos del planeta, causada en gran medida por el aumento de los gases de efecto invernadero procedentes de la actividad humana (como el dióxido de carbono, el metano y el óxido nitroso). Este fenómeno provoca un incremento de las temperaturas medias mundiales, cambios en los regímenes de precipitaciones y una mayor frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos, como sequías, olas de calor e incendios forestales.

Los ecosistemas forestales —resultado de la interacción equilibrada entre comunidades de árboles, plantas, animales, microorganismos, suelo y clima— desempeñan un papel fundamental en la regulación del clima, la protección de la biodiversidad y la conservación del suelo y del agua. En España, los bosques ocupan aproximadamente el 55 % del territorio nacional, por lo que constituyen un elemento esencial para la sostenibilidad ambiental y la calidad de vida. En Portugal, la superficie forestal representa el 36 % del territorio nacional (florestas.pt).

Sin embargo, los efectos del cambio climático sobre los bosques ya son evidentes: aumento de las temperaturas, periodos de sequía más prolongados, incremento de los incendios forestales, aparición de nuevas plagas y enfermedades y desaparición gradual de especies adaptadas a climas templados o húmedos. Estos procesos alteran el equilibrio ecológico, reducen la capacidad de los bosques para secuestrar carbono y amenazan su función como refugio de biodiversidad.

Este manual metodológico es el resultado de la colaboración entre instituciones educativas de España, la República Checa y Portugal en el marco del programa Erasmus+. Su objetivo es proporcionar al profesorado una herramienta clara, práctica y flexible que facilite la enseñanza de los efectos del cambio climático sobre los bosques. Está concebido para su utilización tanto en contextos educativos formales como no formales y puede integrarse en asignaturas como biología, geografía, ciencias naturales o educación ambiental.

Asimismo, pretende motivar al alumnado para que comprenda mejor los problemas medioambientales de nuestro entorno, actúe a escala local con una perspectiva global y desarrolle una conciencia crítica y un compromiso con la sostenibilidad, fomentando actitudes responsables ante el cambio climático.

2. Objetivos educativos

Al finalizar las actividades propuestas en este manual, el alumnado deberá alcanzar los siguientes objetivos educativos, formulados según el modelo SMART (específicos, medibles, alcanzables, relevantes y limitados en el tiempo):

1. 1. Comprender los conceptos fundamentales del cambio climático y su relación con los ecosistemas forestales, identificando al menos tres causas principales y tres consecuencias importantes en su entorno local.
2. 2. Investigar y documentar los efectos del cambio climático en una zona forestal local mediante observaciones de campo y el análisis de datos reales, y elaborar un informe o una presentación en grupo.
3. 3. Reconocer especies vegetales y animales afectadas por el cambio climático utilizando herramientas digitales de identificación (iNaturalist, Pl@ntNet, eBird, BirdNET y Biodiversity4all) durante excursiones o actividades prácticas.
4. 4. Proponer medidas de adaptación, mitigación o regeneración aplicables al contexto local, formulando al menos dos soluciones realistas y sostenibles.
5. 5. Colaborar con otros centros educativos o con estudiantes de distintas regiones o países, comparando problemas y soluciones.
6. 6. Crear un producto final (presentación multimedia, cartel o vídeo breve) que resuma los resultados del proyecto.
7. 7. Desarrollar una actitud crítica, participativa y responsable ante el cambio climático, expresando compromisos personales y colectivos con la protección de los ecosistemas forestales.

3. Contenidos y temas

Este manual aborda los siguientes bloques temáticos, que constituyen la base de la enseñanza y el aprendizaje sobre los «Impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales»:

Bloque temático	Contenidos principales
1. Ecosistemas forestales	Tipos de bosques (mediterráneos, atlánticos y de montaña) y sus servicios ecosistémicos.
2. Cambio climático	Causas, evidencias, proyecciones futuras e impactos regionales.
3. Impactos en los bosques	Incendios, sequías, plagas, pérdida de biodiversidad, especies invasoras, desertificación del suelo y despoblación.
4. Soluciones	Adaptación (reforestación, cambio de especies), mitigación (secuestro de carbono) y regeneración natural.
5. Participación juvenil y educación climática	Implicación del alumnado, desarrollo de competencias y aplicación práctica de los conocimientos.

3.1. Ecosistemas forestales: tipos y características

País / región	Tipos de bosques dominantes y características	Especies principales y observaciones
España – Mediterráneo	Bosques esclerófilos perennifolios y matorrales, adaptados a la sequía estival y a los incendios periódicos.	Encina (Quercus ilex), alcornoque (Q. suber), pino carrasco (Pinus halepensis).
España – región atlántica	Bosques caducifolios húmedos y mixtos, con mayor biodiversidad.	Roble común (Q. robur), haya europea (Fagus sylvatica), castaño (Castanea sativa).
Portugal – norte	Bosques atlánticos húmedos, frecuentemente sustituidos por plantaciones de especies arbóreas de crecimiento rápido.	Roble común (Q. robur), pino marítimo (Pinus pinaster), eucalipto (Eucalyptus globulus): extensas plantaciones comerciales.
Portugal – sur (Alentejo, Algarve)	Dehesas de alcornoques y encinas (montado), sistema agroforestal singular de gran valor biológico y cultural.	Alcornoque (Quercus suber), encina (Quercus rotundifolia y Quercus ilex). Portugal es líder mundial en producción de corcho.
República Checa	Predominio de monocultivos de coníferas (píceas y pinos) plantados en los siglos XIX y XX por motivos económicos. Los bosques mixtos	Pícea común (Picea abies), especie dominante que actualmente sufre una mortalidad masiva. La composición natural incluiría robledales, hayedos y

	naturales son ahora minoritarios.	bosques mixtos de abeto y haya según la altitud.

Servicios ecosistémicos

En los tres países son fundamentales los siguientes servicios: regulación del clima (secuestro de carbono), protección del suelo, retención y filtración del agua, refugio para la biodiversidad y funciones recreativas y económicas.

- En la República Checa, la retención de agua en el paisaje es una cuestión especialmente urgente en la crisis actual.
- En Portugal, la función económica y cultural del montado es esencial y, en el sur, la desertificación del suelo constituye un problema destacado.
- En España, la función de los bosques en la prevención de la erosión y la regulación climática de las zonas secas resulta crucial.

3.2. Cambio climático

El cambio climático es un fenómeno global que consiste en alteraciones a largo plazo de los patrones climáticos de la Tierra, causadas principalmente por la actividad humana (sobre todo, la quema de combustibles fósiles y la deforestación). Incluye el aumento de la temperatura media del planeta, cambios en la distribución de las precipitaciones y una mayor frecuencia e intensidad de fenómenos meteorológicos extremos [IPCC AR6].

Evidencias del cambio climático: comparación regional

Región	Principales manifestaciones y fuentes de datos
España	Calentamiento más rápido que la media europea [1, AEMET]. Disminución significativa de las precipitaciones en el sur y olas de calor más intensas. Avance acelerado de la desertificación, especialmente en las regiones del sureste [2, MITECO/PNACC].
Portugal	Calentamiento significativo, especialmente en las zonas del interior [3, IPMA]. En el Alentejo, el cambio climático se manifiesta en veranos extremadamente calurosos y secos, con temperaturas máximas récord (47,3 °C en Amareleja) y olas de calor más prolongadas, según el Instituto Portugués del Mar y de la Atmósfera. Aumento de la aridez, sequías graves y efectos sobre la salud. Mayor riesgo de erosión costera y salinización de los deltas fluviales [4, APA].
República Checa	Calentamiento superior a 2 °C desde la década de 1960, notablemente por encima de la media mundial [5, CHMI]. Cambios en las precipitaciones: mayor proporción de lluvias torrenciales y periodos de sequía primaveral y otoñal más prolongados [6, CzechGlobe/Intersucho]. Reducción considerable de la cubierta de nieve y de su duración tanto

	en tierras bajas como en zonas montañosas [7, CHMI].

Proyecciones futuras y principales riesgos

- España: Se prevé un aumento de la temperatura de entre 2 y 4 °C a finales de siglo. Riesgo elevado y creciente de desertificación en el sureste peninsular, con amenazas para la agricultura y los ecosistemas naturales [2].
- Portugal: Se espera una tendencia similar de calentamiento. Aumento del riesgo de incendios forestales extensos e intensos en todo el país y sequías extremas en el sur, que amenazan los ecosistemas singulares de alcornoques y encinas (montado) y los recursos hídricos [4, 8, ICNF].
- República Checa: Continuación del calentamiento y aumento de la variabilidad meteorológica, con fenómenos extremos más frecuentes [5]. El principal riesgo es la intensificación de las sequías agrícolas e hidrológicas, que afectan a los bosques, la agricultura y las reservas de aguas subterráneas [9, CzechGlobe]. Además, se prevé una desestabilización de los extensos monocultivos de coníferas [10, VÚLHM].

3.3. Impactos en los bosques

3.3.1. Impactos del cambio climático en los bosques: tabla comparativa

Amenaza	España	Portugal	República Checa
Incendios forestales	Amenaza principal y recurrente cada año. Incendios catastróficos de gran intensidad (Galicia, Cataluña) [EFI, 2022].	Problema extremo de importancia nacional. Incendios frecuentes, extensos, de rápida propagación y mortales (por ejemplo, el de Pedrógão Grande en 2017, con 66 víctimas mortales) [8, ICNF]. Las plantaciones de eucalipto y de Pinus arden con especial intensidad.	Históricamente, un problema menor, pero el riesgo aumenta rápidamente con el incremento de las temperaturas y la sequía. Un ejemplo es el gran incendio del Parque Nacional de la Suiza Bohemia (2022), según datos del Servicio de Bomberos y Rescate de la República Checa y del CHMI [11].
Sequía y estrés hídrico	Situación crítica en el sur y el interior. Amenaza a los bosques mediterráneos que se encuentran al límite de su capacidad de resistencia [MITECO, 2021].	Grave en todo el territorio, con consecuencias especialmente críticas en el sur. Amenaza directa para los longevos alcornoques [4, APA] y también para las encinas.	Causa central de la crisis forestal. Las sequías prolongadas durante la época de crecimiento debilitan especialmente los monocultivos de pícea, de raíces superficiales; datos del portal Intersucho.cz [9].
Plagas y enfermedades	Expansión de la procesionaria del pino	Plagas similares a las de España. Además,	Plaga del escarabajo descortezador de la pícea

	(Thaumetopoea pityocampa) hacia mayores altitudes e infestaciones de escolítidos [MITECO].	enfermedades de alcornoques y encinas (por ejemplo, Phytophthora), que se propagan durante los periodos más húmedos [ICNF].	(Ips typographus): uno de los mayores desastres ecológicos y económicos de la silvicultura moderna. Mortalidad masiva de masas de pícea [10, VÚLHM].
Pérdida de biodiversidad	Amenaza para especies endémicas dependientes de microclimas específicos (pinsapo, Abies pinsapo, y la planta Plantago nivalis).	Amenaza para todo el singular ecosistema del montado y su elevada biodiversidad asociada (lince ibérico, aves rapaces) [4].	Retroceso de especies dependientes de los bosques montanos de pícea, más fríos y estables. La composición de especies evoluciona hacia especies termófilas y generalistas [12, AOPK ČR].
Especies invasoras	Expansión del ailanto (Ailanthus altissima) y del cangrejo rojo americano (Procambarus clarkii) [Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras].	Propagación agresiva de plantas exóticas (por ejemplo, acacias australianas) en zonas quemadas y alteradas [ICNF].	Presencia dominante de especies leñosas invasoras como la falsa acacia (Robinia pseudoacacia) y el pino blanco americano (Pinus strobus). Aumenta el riesgo de expansión de especies invasoras procedentes del sur [12, AOPK ČR].

3.3.2. Impactos sobre la naturaleza y la fauna silvestre

España y Portugal: amenaza directa para especies emblemáticas vinculadas a hábitats específicos, a menudo ya muy reducidos: el lince ibérico (Lynx pardinus) en el matorral mediterráneo y la avutarda común (Otis tarda) en las zonas esteparias. También están amenazadas algunas águilas, los anfibios, los peces de agua dulce, las especies cinegéticas y las aves acuáticas de humedales como Doñana. La pérdida de hábitats se debe principalmente a los incendios, la desertificación, el agotamiento de los recursos hídricos y la agricultura intensiva.

Efectos sobre las aves: en este contexto, la península ibérica es una de las regiones europeas más afectadas. Las precipitaciones serán menores, más irregulares y concentradas en episodios fuera de las épocas habituales. El clima tenderá a situaciones extremas, con temperaturas anormalmente altas, lluvias intensas y granizo. Los inviernos serán menos definidos, con menos precipitaciones y menos horas de frío.

En este escenario, las dificultades de termorregulación, la destrucción frecuente de nidos y la superación de umbrales críticos de temperatura y humedad durante la incubación perjudican la reproducción. Las alteraciones en los ciclos de las plantas y los insectos pueden causar graves daños a los ejemplares jóvenes.

Entre los problemas agravados observados en los últimos años figuran:

- Mayores dificultades para proteger los nidos, que quedan más expuestos a lluvias intensas e inundaciones.
- Puestas más deficientes o tardías, huevos destruidos o infértiles y polluelos que no llegan a eclosionar.
- Polluelos menos vigorosos, con menor acceso al alimento, más alejados del agua y más expuestos a lluvias fuera de temporada.

- Mayor exposición a precipitaciones inoportunas y a depredadores.
- Más aves que llegan tarde a la época reproductora y presentan menor aptitud reproductiva para la temporada siguiente.
- Adultos sometidos a mayor presión de los depredadores y a un mayor esfuerzo para buscar alimento y agua.
- Abandono de determinadas zonas por parte de los adultos, con poblaciones más aisladas y menor variabilidad genética.

República Checa: los efectos son más indirectos y estructurales, debido a la desintegración a gran escala del entorno forestal:

8. Pérdida masiva de hábitats de especies dependientes de una cubierta forestal cerrada (por ejemplo, determinadas aves, hongos y líquenes epífitos), como consecuencia de las talas realizadas tras las infestaciones de escolítidos.
9. Cambios microclimáticos en grandes superficies taladas (temperaturas más altas, menor humedad y mayores oscilaciones), que crean condiciones desfavorables para las especies forestales.
10. Fragmentación del paisaje, que puede dificultar el desplazamiento de animales entre los fragmentos de bosque restantes.
11. Desecación de manantiales de montaña y turberas, que amenaza a especies especializadas (por ejemplo, el caracol Vertigo angustior y determinadas especies de musgos y moluscos).

3.4. Soluciones y estrategias de actuación: visión común y prioridades regionales

3.4.1. Adaptación

- Objetivo común a los tres países: transición hacia bosques ricos en especies, con diversidad de edades y una estructura espacial variada que, gracias a su complejidad, sean naturalmente más resistentes a las perturbaciones.
- España y Portugal: selección y fomento activos de especies autóctonas tolerantes a la sequía y resistentes al fuego. Restauración de hábitats y de algunos sistemas tradicionales de gestión mediante mejores prácticas y una mayor densidad y diversidad en los sistemas naturales (encinares y alcornocales). Especial atención a la prevención, la planificación y la gestión eficaz de incendios (creación de cortafuegos y quemas controladas).
- República Checa: transformación fundamental de los monocultivos de pícea en bosques mixtos y caducifolios con mayor proporción de robles, hayas, abetos y otras especies adecuadas para cada emplazamiento. Fomento de la regeneración natural cuando sea posible. Creación de corredores ecológicos. Revisión de la legislación forestal para favorecer una mayor resiliencia. También es importante mantener una estructura de edades diversa en las masas forestales.

3.4.2. Mitigación

- Objetivo común: conservar y mejorar la función de los bosques como sumideros naturales de carbono (un bosque sano, en crecimiento y resiliente es un sumidero de carbono más eficaz que un monocultivo en declive o un bosque incendiado).
- Apoyar las prácticas de gestión forestal sostenible y agroforestales que incrementen el secuestro de carbono.

3.4.3. Regeneración natural y fortalecimiento de la resiliencia

- Principio fundamental para todos: reducir los factores adicionales de estrés (sobrepastoreo, técnicas de aprovechamiento forestal inadecuadas y compactación del suelo), apoyar los procesos de recuperación natural (sucesión ecológica) y aplicar los principios de una gestión adaptativa, flexible y capaz de responder a condiciones cambiantes.

- Prioridades específicas: en la República Checa, fomentar la regeneración natural (haya, roble y abeto) es una herramienta esencial para la recuperación tras la plaga de escolítidos y, a menudo, resulta ecológica y económicamente más ventajoso que realizar plantaciones extensivas. Para retener agua en el paisaje y devolver nutrientes a la naturaleza, también es importante dejar madera muerta en el bosque; durante el verano puede servir de reserva de agua para diversos animales. En la península ibérica es necesario abordar de manera integral la relación entre el pastoreo tradicional, los regímenes de incendios y la capacidad de regeneración forestal.
- Una buena práctica consiste en proteger los árboles jóvenes frente a los daños causados por los animales domésticos. Estos animales deben mantenerse en cantidades adecuadas para contribuir a la regeneración mediante la dispersión de semillas.
- La agricultura intensiva en grandes superficies es incompatible con la regeneración natural y reduce la resiliencia del sistema.

3.5. Participación juvenil y educación climática

Este bloque temático va más allá de la mera transmisión de conocimientos. Su objetivo es implicar al alumnado, desarrollar sus competencias para una ciudadanía activa y trasladar el aprendizaje de la teoría a la práctica. La educación climática del siglo XXI debe ser participativa, orientada a la acción y esperanzadora. Esta sección del manual se fundamenta en los siguientes pilares:

- Ciencia ciudadana: participación del alumnado en la recogida de datos reales (observaciones fenológicas, censos de aves y seguimiento de sequías) mediante aplicaciones como iNaturalist, eBird o BioLog. Esto permite formar parte del proceso científico real, contribuir a comprender los cambios globales y participar en proyectos de investigación científica. También incluye la participación en campañas o proyectos de forestación.
- Aprendizaje basado en proyectos y problemas (ABP): el alumnado trabaja sobre retos locales concretos (por ejemplo: «¿Cómo podemos aumentar la retención de agua alrededor del centro educativo?»). Recorre todo el proceso, desde el análisis del problema y el diseño de una solución hasta su presentación a las autoridades locales o a la comunidad.
- Desarrollo de la alfabetización crítica y la educación mediática: capacidad para reconocer la desinformación climática, analizar críticamente distintas fuentes (desde artículos científicos hasta redes sociales) y comunicar eficazmente cuestiones ambientales.
- Colaboración y diálogo intergeneracional: fomento del trabajo en equipo, organización de debates con especialistas, representantes políticos locales o personas mayores sobre los cambios en el paisaje, e intercambio de ideas en el marco de asociaciones escolares internacionales.
- Fortalecimiento de la resiliencia psicológica («resiliencia climática»): diálogo abierto sobre las emociones relacionadas con el clima (ecoansiedad, impotencia) y formas de superarlas mediante acciones concretas, significativas y colectivas. Se hace hincapié en la «esperanza activa».

El resultado de este bloque no debe ser únicamente la comprensión de los problemas, sino también la convicción personal y colectiva del alumnado de que su voz y sus acciones importan. En los capítulos siguientes (especialmente en los apartados 5 y 8), el manual ofrece herramientas y actividades concretas para alcanzar estos objetivos.

4. Orientaciones metodológicas para el profesorado

Esta sección ofrece orientaciones prácticas al profesorado, incluidas actividades de aula, ejercicios prácticos, fichas de trabajo, propuestas de excursiones, estudios de casos y estrategias metodológicas. Su finalidad es facilitar el desarrollo de competencias relacionadas con la observación, el análisis y la comprensión de los impactos del cambio climático en los ecosistemas forestales.

4.1. Actividades de aula: ideas y recursos por país

Las siguientes actividades están diseñadas para activar los conocimientos previos, motivar al alumnado e introducirlo en el tema. Se estructuran para aprovechar el contexto local específico y los recursos disponibles.

Actividad / objetivo	España: propuestas y recursos	Portugal: propuestas y recursos	República Checa: propuestas y recursos
Lluvia de ideas / introducción. Activar los conocimientos sobre los bosques locales y el clima.	Preguntas: «¿Cuáles son los principales tipos de bosque de nuestra región? ¿Qué fenómenos extremos (incendios, sequías) hemos experimentado?». Mapas: MITECO, mapa de tipos de bosques.	Preguntas: «¿Qué es un bosque y cómo lo describirías? ¿Qué es el montado? ¿Por qué son tan devastadores los incendios en Portugal, especialmente en el norte y el centro? ¿Cómo ha cambiado el verano en los últimos 20 o 30 años?». Investigación: informes oficiales y entrevistas a abuelos. Imágenes: encinas, alcornoques y zonas quemadas.	Preguntas: «¿Por qué aparecen de repente tantas zonas taladas a nuestro alrededor? ¿Qué es la plaga del escarabajo descortezador? ¿Notáis que los inviernos son más suaves?». Ejemplo local: debate sobre el estado de los bosques próximos al centro (Suiza Bohemia, Krkonoše, Šumava, Beskydy...).
Análisis de imágenes e informes. Trabajar con pruebas actuales del cambio.	Materiales: imágenes de satélite del retroceso de la nieve en Sierra Nevada (Google Earth Timelapse), informes de AEMET sobre olas de calor récord y artículos sobre incendios en la Comunidad Valenciana. Fuentes: AEMET, MITECO y prensa (sección de clima de El País).	Materiales: fotografías del antes y el después del devastador incendio de Pedrógão Grande (2017) e informes del IPMA sobre la escasez de precipitaciones en el Alentejo. Fuentes: ICNF (informes anuales de incendios), IPMA (boletines climáticos) y APA.	Materiales: imágenes aéreas o de satélite sobre la extensión de la plaga de escolítidos en Šumava (Suiza Bohemia) y artículos sobre los efectos del incendio de 2022 en el Parque Nacional de la Suiza Bohemia. Fuentes: Intersucho.cz (mapas de sequía), Lesní svět (mapas de daños) y comunicados de los parques nacionales.
Debate estructurado. Desarrollar el pensamiento crítico y la argumentación.	Tema: «¿Es sostenible extraer agua subterránea para cultivar fresas en Doñana en un contexto de cambio climático?». Papeles: agricultor, conservacionista, residente local y turista.	Tema 1: «¿Deberían prohibirse las plantaciones de eucaliptos y pinos en el norte de Portugal debido al riesgo de incendio?». Tema 2: «¿Qué adaptaciones deberíamos promover en el montado para aumentar su biodiversidad y resiliencia?». Papeles: propietario de una fábrica de papel, bombero, biólogo, alcalde y científicos.	El original no incluye una propuesta específica para esta celda.

4.2. Actividades prácticas: proyectos escolares y trabajo de campo

Actividad / competencia	España	Portugal	República Checa

Modelo de ecosistema (maqueta 3D, mural o diorama)	Tema: bosque mediterráneo (alcornoque, encina) afectado por sequía e incendios. Elementos: suelo seco, hojas marchitas, representación de un incendio y plantas pioneras.	Tema: sistema de montado (alcornoque, encina y pastizal) y amenaza de desertificación. Elementos: árbol con corteza extraída, suelo árido y rebaño de ovejas.	Tema: transformación de un monocultivo de pícea en un bosque rico en especies tras la plaga de escolítidos. Elementos: píceas secas en pie, superficie talada, abedules y serbales colonizadores y plantones de haya.
Mapa de zonas o especies afectadas (cartografía y SIG)	Tarea: señalar en un mapa de España las zonas con mayor riesgo de incendio (Galicia, Cataluña) y desertificación (Almería). Herramientas: Google My Maps y capas del MITECO.	Tarea: elaborar un mapa de Portugal con las principales zonas incendiadas (datos del ICNF) y áreas de cultivo del alcornoque. Herramienta: mapas interactivos de incendios del ICNF.	Tarea: señalar en un mapa de la República Checa las zonas con mayor intensidad de plaga de escolítidos (datos del VÚLHM) y sequía hidrológica (Intersucho.cz). Herramientas: Lesní svět e Intersucho.cz (exportación de mapas).
Mediciones de campo o escolares (seguimiento científico sencillo)	Comparar temperatura y humedad a la sombra de un árbol y en una zona seca del recinto escolar. Ampliación: realizar mediciones durante una ola de calor.	Registrar las precipitaciones con un pluviómetro y compararlas con los promedios históricos del IPMA. Observar el secado de un arroyo local.	Medir temperatura y humedad dentro del bosque y en una superficie talada, por ejemplo durante una excursión. Seguir el nivel del agua de un arroyo o estanque local.
Diario forestal / calendario fenológico (documentar cambios a largo plazo)	Registrar las fechas de floración de plantas mediterráneas típicas (por ejemplo, romero) y la llegada de aves migratorias; buscar relaciones con la temperatura.	Documentar el estado de un alcornoque o una encina cercana (follaje y frutos). Registrar, a partir de informes, los primeros y últimos incendios de la temporada.	Documentar el estado de una masa forestal seleccionada (fotografías de las copas y presencia de madera afectada por escolítidos). Observar fases fenológicas de especies autóctonas (brotación del abedul, amarilleamiento de la pícea).
Seguimiento de la migración de aves (ciencia ciudadana y bases de datos)	Participar en «Spring Alive» (BirdLife), observar la llegada de golondrinas o cigüeñas y comparar con datos históricos. Herramientas: eBird y grupos locales de observación de aves.	Observar la migración de aves a través del estrecho de Gibraltar en colaboración con centros españoles. Registrar cambios en las poblaciones de aves invernantes del estuario del Tajo. Herramientas: eBird y SPEA (BirdLife Portugal).	Proyecto escolar de larga duración en el parque de aves Ptačí park Mnišské louky o en las proximidades del centro: censos regulares mediante eBird o BioLog (por ejemplo, una vez al mes), atención a especies indicadoras (primera llegada del cuco y la golondrina, fechas de partida, variación de aves invernantes) y comparación con datos históricos de aves.

4.3. Propuestas de visitas técnicas y excursiones

Las excursiones permiten conectar la teoría con la práctica mediante la observación directa de los impactos del cambio climático en diversos ecosistemas naturales. Las propuestas siguientes abarcan tipos de entornos relevantes en los tres países socios.

País	Lugar y zona	Enfoque temático	Actividades sugeridas e información práctica
España	Parque Nacional de Doñana (Huelva, Sevilla y Cádiz)	Impactos en humedales y sistemas hídricos: descenso del nivel de las aguas subterráneas, sequía prolongada y amenaza para las especies dependientes.	Visita guiada con personal del parque, observación de aves acuáticas y análisis de mapas históricos y actuales de la extensión de las lagunas. Organización: es necesario reservar previamente para grupos.
España	Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada y Almería)	Impactos en ecosistemas de alta montaña: retroceso de la cubierta nival, cambios en la vegetación alpina y seguimiento de las transformaciones.	Ruta interpretativa por Hoya de la Mora, recogida e identificación de especies alpinas y debate sobre el agua como recurso esencial. Periodo adecuado: junio a septiembre, por la accesibilidad de la alta montaña.
Portugal	Parque Natural da Serra da Estrela (centro de Portugal)	Impactos en ecosistemas atlánticos y montañosos: alteraciones del régimen hídrico, consecuencias de los incendios y adaptación de la vegetación.	Senderismo por valles glaciares y las cascadas de Poço do Inferno, documentación de pisos de vegetación y análisis de la gestión de incendios. Fuente de datos: ICNF, administración del parque.
Portugal	Región del Alentejo (por ejemplo, entorno de Évora)	Impactos en sistemas agroforestales sometidos a diferentes formas de gestión; Montado do Freixo do Meio, zona privada protegida. Restauración de suelos semiáridos: efecto de una gestión alternativa para revertir la desertificación. Visita al Centro de Agroecología y Regeneración en la región semiárida (Mértola).	Visita a una explotación tradicional de corcho y observación de signos de estrés en los árboles (copas ralas y ramas secas). Relación con la importancia económica y cultural del corcho.
República Checa	Parque Nacional de la Suiza Bohemia (entorno de Hřensko y Děčín)	Impactos de los incendios y la sequía en ecosistemas de arenisca: extensión y causas del incendio de 2022, recuperación vegetal y cambios	Interpretación de un panel informativo sobre el incendio (por ejemplo, cerca de Jetřichovice), observación de la sucesión en áreas quemadas y comparación

		microclimáticos.	con un bosque sano. Transporte: fácil acceso desde Děčín en autobús o tren. Pregunta clave: «¿Cómo se recupera un bosque tras una perturbación tan intensa?».
República Checa	Parque de aves Mnišské louky (cerca de Heřmanice, aproximadamente a 15 km de Děčín)	Medidas de adaptación y régimen hídrico del paisaje: restauración artificial de humedales para adaptarse, retener agua y favorecer la biodiversidad.	Observación de aves y anfibios, examen de charcas y depresiones y debate sobre cómo estas medidas ayudan frente a extremos meteorológicos (sequías e inundaciones). Organizador: Sociedad Checa de Ornitología; posibilidad de concertar una visita guiada con especialistas.
República Checa (alternativa)	Área Paisajística Protegida de Labské pískovce (entorno de Děčín)	Impactos de la sequía y el calor en masas forestales de altitud baja y media: estado sanitario de píceas y pinos y propagación de escolítidos.	Reconocimiento de masas forestales, medición de temperatura y humedad en distintos lugares (laderas orientadas al sur y al norte) e identificación de árboles infestados. Relación directa con el paisaje local.

4.4. Comparación regional e internacional: España, Portugal y República Checa

Objetivo: analizar cómo afecta el cambio climático de distintas maneras a los ecosistemas forestales de diversas regiones europeas, identificando similitudes y diferencias en sus impactos, las especies afectadas y las estrategias de adaptación.

Actividad: estudio comparativo de tres ecosistemas. El alumnado, organizado en grupos, investigará un ecosistema asignado utilizando los recursos y estudios de caso facilitados.

España (Andalucía): ecosistema mediterráneo o de alta montaña

Localización: Sierra Nevada (parque nacional) o Doñana (parque nacional).

Aspectos principales: retroceso de la cubierta nival, desertificación, estrés hídrico y amenazas para las especies endémicas.

Recursos: MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica) y Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada.

Portugal: ecosistema atlántico o agroforestal

Localización: Serra da Estrela (parque natural) o región del Alentejo (encinas, alcornoques y otros árboles mediterráneos).

Aspectos principales: aumento de los incendios forestales, efectos de la sequía sobre el montado, cambios hidrológicos, reversión de los efectos de los incendios y de las sequías en estas zonas, y buenas prácticas.

Recursos: ICNF (Instituto de Conservação da Natureza e das Florestas; datos de incendios), APA (Agência Portuguesa do Ambiente; datos de sequía), IPMA (Instituto Português do Mar e da Atmosfera), proyecto Adapt for Change y «+Solo, +Vida» (Associação de Defesa do Património de Mértola).

República Checa: ecosistema templado centroeuropeo

Localización: Parque Nacional de la Suiza Bohemia (impactos del incendio) y regiones de Šumava o Beskydy (plaga de escolítidos).

Aspectos principales: incendios en un nuevo contexto climático, plaga de escolítidos y colapso de monocultivos, enfoques para la restauración forestal.

Recursos: administración del Parque Nacional de la Suiza Bohemia (informes sobre incendios), VÚLHM (Instituto de Investigación Forestal y Cinegética; informe sobre el estado de los bosques) y portal Intersucho.cz.

Producto final y evaluación: el alumnado elaborará un póster o una presentación comparativa que muestre las principales diferencias y los retos comunes. La evaluación se centrará en la capacidad para trabajar con datos, el rigor científico y la calidad de la argumentación al comparar las regiones.

4.5. Métodos interactivos y herramientas digitales

Este apartado presenta herramientas para una enseñanza moderna y motivadora. Se han seleccionado teniendo en cuenta su disponibilidad y utilidad en el contexto de cada país.

Categoría / objetivo	España: propuestas y herramientas	Portugal: propuestas y herramientas	República Checa: propuestas y herramientas
A. Simulaciones en línea. Comprender dinámicas ecológicas complejas.	Herramientas: FireSim, Canopy Virtual Forest, BBC Climate Challenge. Actividad: simular la propagación del fuego en distintas condiciones (viento, sequía).	Herramientas: las mismas que en España (FireSim es universal). Actividad: simular la gestión de incendios en un paisaje con plantaciones de eucaliptos o pinos.	Herramientas: Canopy Virtual Forest (crecimiento forestal), Global Forest Watch (seguimiento de cambios en la cubierta forestal). Actividad: simular el crecimiento de un bosque mixto frente a un monocultivo en condiciones de sequía.
B. Aplicaciones móviles para el campo y otras tecnologías (por ejemplo, instalar y analizar cámaras de fototrampeo o utilizar un telescopio). Observación de la biodiversidad y recopilación de datos.	Herramientas: iNaturalist, Pl@ntNet, eBird y AEMET Escolar (datos locales). Actividad: identificar especies mediterráneas y analizar su tolerancia climática.	Herramientas: iNaturalist, Pl@ntNet y eBird. Actividad: documentar especies del montado y de zonas incendiadas.	Herramientas: iNaturalist/BioLog (base de datos oficial checa), Pl@ntNet, eBird, Lesní svět (escolítidos) e Intersucho.cz (versión móvil). Actividad: véase la nueva actividad 5.2 sobre seguimiento de la migración de aves.
C. Tarea creativa: vídeo o pódcast. Comunicar los problemas de	Temas: incendios en Valencia, Doñana y el agua. Herramientas:	Temas: gran incendio de Pedrógão, alcornoques y sequía, aves del	Temas: historia de una pícea (del monocultivo a la tala),

forma creativa.	Canva, CapCut y Audacity.	estuario del Tajo, aves esteparias de los campos de cereal o jardines forestales plantados en Mértola. Herramientas: las mismas.	restauración de humedales en Mnišské louky y un año después del incendio de la Suiza Bohemia. Herramientas: Canva, CapCut y Audacity. Materiales de referencia: Televisión Checa.

4.6. Actividades de reflexión y evaluación

A. Síntesis colaborativa

Objetivo: integrar los conocimientos adquiridos.

Metodología (para todos los países):

- Elaborar mapas conceptuales que relacionen los temas: Cambio climático → Impactos regionales → Ecosistema específico → Especies afectadas → Soluciones propuestas.
- Organizar círculos de diálogo («círculos de reflexión») para comentar lo aprendido y las emociones asociadas al tema.

B. Reflexión personal y acción

Objetivo: fomentar una actitud responsable y el paso del conocimiento a la acción.

Actividad (para todos los países):

- Fase 1: lluvia de ideas sobre «¿Qué puedo hacer yo, qué puede hacer nuestro CENTRO EDUCATIVO y qué puede hacer nuestra LOCALIDAD?» (acciones personales, escolares y comunitarias).
- Fase 2: formulación de compromisos concretos individuales o de clase. Pueden utilizarse herramientas digitales como Padlet o Mentimeter para recopilar y compartir aportaciones de forma anónima.

C. Evaluación del proyecto (metacognición)

Objetivo: evaluar tanto el dominio de los contenidos como el proceso personal de aprendizaje.

Herramientas (universales):

- Rúbricas de autoevaluación y coevaluación (colaboración, esfuerzo y calidad de la argumentación).
- Cuestionario final o «ticket de salida» con preguntas: 1) ¿Cuál ha sido el aprendizaje más importante? 2) ¿Qué concepto te ha resultado más difícil? 3) ¿Cómo ha influido este tema en tu manera de ver el paisaje que te rodea?

4.7. Ejemplo de planificación didáctica

Título: El cambio climático y nuestros bosques: del problema a la solución.

Duración: de 6 a 8 horas lectivas (pueden distribuirse a lo largo de varias semanas).

Destinatarios: alumnado de los últimos cursos de educación primaria y de educación secundaria.

Competencias clave: pensamiento analítico, alfabetización en datos, argumentación científica, trabajo en equipo y ciudadanía ambiental.

Estructura de la unidad didáctica (guía modular)

Fase / módulo	Objetivo	Actividades sugeridas (a elección del docente según el contexto nacional)	Ejemplo para la República Checa	Ejemplo para España	Ejemplo para Portugal
1. Introducción y contexto	Presentar el tema y activar los conocimientos previos.	Lluvia de ideas; análisis de una imagen impactante (zona incendiada o talada).	Imagen de dron de talas en Šumava.	Imagen de satélite de un incendio en Cataluña.	Fotografía de la zona incendiada de Pedrógão Grande o de suelos erosionados y desertificados del sur.
2. Fundamentos teóricos	Comprender las causas y las conexiones globales.	Explicación con presentación y trabajo con textos (resumen del IPCC para jóvenes).	Los mismos contenidos globales para todos.		
3. Impactos locales	Aplicar la teoría a un ejemplo local.	Trabajo con un estudio de caso; análisis en grupo de un caso asignado.	Estudio de caso: plaga de escolítidos en las montañas Beskydy.	Estudio de caso: incendios en la Sierra de la Culebra.	Estudio de caso: sequía y encinas y alcornoques en el Alentejo, o regeneración en el Centro de Agroecología (Mértola) y en Montado do Freixo do Meio.
4. Trabajo de campo / parte práctica	Observación directa y recopilación de datos.	Excursión o actividad práctica en el centro o su entorno.	Excursión a Mnišské louky (seguimiento de aves).	Medición del microclima en distintos tipos de vegetación.	Identificación de especies resistentes a la sequía.
5. Diseño de soluciones y debate	Desarrollar el pensamiento crítico y la creatividad.	Simulación de negociaciones o taller de pensamiento de diseño (design thinking).	Juego de roles: negociaciones sobre la restauración forestal tras una plaga de escolítidos (silvicultor, conservacionista y alcalde).	Debate: gestión del agua en Doñana.	Taller: diseño de un montado resiliente.

6. Presentación y reflexión	Sintetizar, presentar y reflexionar.	Elaboración de un producto final (póster, vídeo o presentación) y reflexión final.	Presentación «Nuestro plan para un bosque más resiliente».	Documental breve sobre un problema local.	Propuesta de campaña informativa.

Nota para el profesorado: esta estructura es flexible. Se puede omitir o ampliar cualquier módulo. La clave es conectar el principio global → su manifestación local → la acción personal.

5. Estudios de caso y ejemplos prácticos

5.1. Estudios de caso de España

Estos estudios de caso conectan el aprendizaje teórico con experiencias reales de campo y con la observación directa. Los ejemplos siguientes se centran en Andalucía y muestran cómo se manifiesta el cambio climático en distintos tipos de ecosistemas forestales. Las propuestas combinan análisis científico, observación y reflexión ambiental, y fomentan el conocimiento del territorio andaluz y de su riqueza natural.

Caso E1. Parque Nacional de Doñana (Huelva, Sevilla y Cádiz)

Tema: Sequía, pérdida de biodiversidad y gestión sostenible del agua.

Descripción: Doñana es uno de los espacios naturales más emblemáticos de Europa. Su sistema de marismas, lagunas y bosques alberga una biodiversidad excepcional. El cambio climático y la extracción excesiva de aguas subterráneas están provocando un descenso drástico del nivel freático, que afecta a especies como el lince ibérico y el águila imperial ibérica.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Analizar la relación entre el cambio climático, la gestión del agua y la conservación de la naturaleza.
- Observar la pérdida de hábitats de humedal y sus efectos sobre la fauna silvestre.
- Comprender la función de la restauración ecológica en los humedales.

Actividad propuesta: Debate simulado entre las partes interesadas (agricultores, científicos, gestores del parque y ONG ambientales).

Recursos complementarios: Imágenes de satélite (Google Earth / Copernicus) y materiales informativos del proyecto LIFE Adaptamed.

Caso E2. Parque Nacional de Sierra Nevada (Granada y Almería)

Tema: Efectos del cambio climático sobre los ecosistemas de alta montaña.

Descripción: Sierra Nevada alberga más de 80 especies endémicas y constituye un laboratorio natural para estudiar las respuestas de los ecosistemas al calentamiento global. El retroceso de la nieve, la reducción de los recursos hídricos y los cambios en la distribución de las especies son cada vez más evidentes.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Observar los efectos del aumento de las temperaturas sobre la flora alpina.
- Analizar los cambios estacionales y el papel del agua en la resiliencia de los ecosistemas.
- Identificar estrategias de conservación en el contexto del cambio climático.

Actividad propuesta: Ruta interpretativa (por ejemplo, por Hoya de la Mora o el Jardín Botánico de la Cortijuela) y análisis de especies adaptadas a las bajas temperaturas.

Recursos complementarios: Observatorio de Cambio Global de Sierra Nevada; documentos y materiales educativos del MITECO.

Caso E3. Parque Nacional de la Sierra de las Nieves (Málaga)

Tema: Conservación del pinsapo y adaptación de los bosques mediterráneos.

Descripción: La Sierra de las Nieves, declarada parque nacional en 2021, protege los últimos bosques de pinsapo (Abies pinsapo), una especie relicta del Terciario muy sensible al aumento de las temperaturas y a la sequía. Esta zona constituye un ejemplo de gestión forestal adaptativa frente al cambio climático.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Comprender la vulnerabilidad de los bosques mediterráneos relictos.
- Observar estrategias de conservación y regeneración natural.
- Analizar la función ecológica del pinsapo como especie indicadora.

Actividad propuesta: Crear un cartel o una presentación sobre los pinsapares y las amenazas climáticas a las que se enfrentan.

Recursos complementarios: Proyecto LIFE Pinzapo; fotografías y fichas informativas del Parque Nacional de la Sierra de las Nieves.

Caso E4. Parque Natural de las Sierras de Cazorla, Segura y Las Villas (Jaén)

Tema: Adaptación de los ecosistemas forestales al estrés hídrico y a la pérdida de biodiversidad.

Descripción: Se trata del espacio protegido más extenso de España y de un ejemplo de referencia en restauración ecológica. Las sequías prolongadas, los incendios y las plagas afectan a sus pinares y robledales. Sin embargo, las medidas de reforestación y gestión forestal sostenible demuestran cómo puede aumentarse la resiliencia de los bosques.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Analizar los efectos del cambio climático sobre los bosques de media montaña.
- Estudiar las prácticas de reforestación y la gestión forestal sostenible.
- Comprender la importancia de la gestión del agua en las zonas del interior.

Actividad propuesta: Taller de identificación de especies autóctonas y observación de señales de estrés climático en el entorno.

Recursos complementarios: Centro de Capacitación y Experimentación Forestal Vadillo-Castril; materiales del programa «Crece con tu árbol» de la Junta de Andalucía.

Caso E5. Parque Natural de Cabo de Gata-Níjar (Almería)

Tema: Desertificación y resiliencia de los ecosistemas áridos.

Descripción: Cabo de Gata-Níjar representa uno de los ecosistemas más secos de Europa. La falta de precipitaciones, el aumento de las temperaturas y la pérdida de suelo fértil son indicios del avance del cambio climático. Esta zona también muestra cómo pueden adaptarse las especies autóctonas a condiciones extremas.

Aspectos clave para la enseñanza:



- Identificar los procesos de desertificación y pérdida de suelo.
- Reconocer las adaptaciones biológicas de las especies xerófitas.
- Analizar las estrategias locales de conservación y gestión sostenible.

Actividad propuesta: Elaborar un mapa de la vegetación xerófita y debatir la gestión del agua en entornos semiáridos.

Recursos complementarios: Proyecto LIFE Adaptamed (Cabo de Gata); guías del parque natural y del Centro de Visitantes Las Amoladeras.

Conclusión de la sección: Estos estudios de caso permiten al alumnado comprender cómo afecta el cambio climático de manera diferente a los ecosistemas andaluces. Desde los humedales hasta las montañas y las zonas áridas, Andalucía ofrece un mosaico ideal para estudiar los procesos de adaptación, mitigación y regeneración ecológica en un contexto mediterráneo.

5.2. Estudios de caso de Portugal

Caso P1. Incendios forestales en el centro de Portugal: Pedrógão Grande (2017)

Tema: Incendios forestales extremos, cambio climático y vulnerabilidad del paisaje.

Descripción: En junio de 2017, un incendio forestal en la región de Pedrógão Grande causó la muerte de 66 personas y destruyó más de 53 000 hectáreas de bosque. Fue una de las mayores tragedias humanas relacionadas con incendios de la historia europea reciente. El suceso puso de manifiesto la combinación de condiciones climáticas extremas (ola de calor, sequía y fuertes vientos), la inflamabilidad de los monocultivos de eucalipto y pino marítimo y las limitaciones de los medios de extinción.

Aspectos clave para la enseñanza:

- La relación entre el cambio climático (sequías más largas e intensas) y el mayor riesgo de incendios catastróficos.
- El problema de los monocultivos de especies arbóreas de crecimiento rápido (eucalipto), altamente inflamables.
- La importancia de la ordenación del territorio, la creación de cortafuegos y los sistemas de alerta temprana para la población.

Actividad propuesta: Análisis de un informe oficial: el alumnado trabaja con un resumen del informe sobre el incendio (disponible en el ICNF o en la comisión independiente). Su tarea consiste en crear una infografía sobre los principales factores causales (climáticos, relacionados con la vegetación, infraestructurales y humanos).

Recursos complementarios: Informe oficial «Relatório Técnico Independente» (2017), datos del ICNF sobre la superficie quemada ese año e imágenes de satélite de NASA Earth Observatory antes y después del incendio.

Caso P2. Dehesas de encinas y alcornoques (montado) en el Alentejo

Tema: Adaptación de un sistema agroforestal tradicional a la sequía y al cambio climático.

Descripción: El montado es un sistema agroforestal portugués singular basado en el alcornoque (Quercus suber), que combina la producción de corcho, el pastoreo y el cultivo de cereales. Es un enclave de gran biodiversidad y un patrimonio cultural. Sin embargo, está sometido a una presión creciente debido a sequías estivales más largas e intensas, que debilitan los árboles y aumentan su susceptibilidad a enfermedades (por ejemplo, Phytophthora). Su sostenibilidad económica está amenazada.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Los sistemas paisajísticos tradicionales pueden tener un alto valor adaptativo, aunque también se están poniendo a prueba sus límites.



- La multifuncionalidad del paisaje (producción, biodiversidad y secuestro de carbono) como modelo de gestión sostenible.
- Los impactos económicos, ecológicos y sociales del cambio climático en las regiones rurales.

Actividad propuesta: Diseño de un plan de adaptación: en el papel de asesores agrarios, los estudiantes elaboran una propuesta de medidas para un montado más resiliente (por ejemplo, diversificación de ingresos, seguimiento de la salud de los árboles, introducción de riego para árboles jóvenes y fomento de la regeneración natural). Debaten los compromisos entre costes y beneficios.

Recursos complementarios: Materiales de la agencia portuguesa APA sobre cambio climático y agricultura, sitio web de Corticeira Amorim (el mayor transformador de corcho del mundo) y documentos de la FAO sobre agroforestería.

Caso P3. Retroceso de los elementos glaciares y recursos hídricos en Serra da Estrela

Tema: Efectos del calentamiento sobre los ecosistemas de alta montaña y el balance hídrico.

Descripción: Serra da Estrela es la cordillera más alta de Portugal y alberga las únicas huellas de actividad glaciar del país (valles glaciares y morrenas). Con el aumento de las temperaturas, la cubierta de nieve disminuye drásticamente, desaparecen los neveros estacionales y se reduce la recarga de las aguas subterráneas. Esto afecta directamente al régimen hídrico de toda la región, a los ecosistemas de matorral de montaña y al turismo.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Las zonas montañosas como indicadores sensibles del cambio climático («laboratorios naturales»).
- La interrelación entre temperatura, nevadas, hidrología y actividades humanas.
- El concepto de servicios ecosistémicos (suministro de agua y valor recreativo) aplicado a un ejemplo concreto.

Actividad propuesta: Excursión virtual y análisis de series temporales: el alumnado utiliza Google Earth Pro para explorar un valle glaciar (por ejemplo, Vale do Zêzere) y comparar fotografías históricas y actuales. Después, analiza una serie temporal sencilla de temperaturas medias anuales de una estación meteorológica de montaña y debate los efectos.

Recursos complementarios: Datos y estudios del IPMA (Instituto Portugués del Mar y de la Atmósfera), artículos científicos sobre el retroceso de la nieve en Serra da Estrela, mapas turísticos y guías del Parque Natural da Serra da Estrela.

5.3. Estudios de caso de la República Checa

Caso C1. Parque Nacional de la Suiza Bohemia: el incendio de 2022

Tema: Una nueva generación de incendios forestales en bosques templados y los retos de la restauración.

Descripción: En julio de 2022 se declaró en el Parque Nacional de la Suiza Bohemia el mayor incendio forestal de la historia moderna de la República Checa. Durante más de tres semanas ardieron más de 1 000 hectáreas de bosque, predominantemente monocultivos de pino y pícea sobre sustrato de arenisca. El incendio fue incontrolable y los bomberos tuvieron que recurrir a medios aéreos. Puso de manifiesto la elevada vulnerabilidad de los monocultivos secos de coníferas y la necesidad de modificar los enfoques de prevención y protección.

Aspectos clave para la enseñanza:

- El cambio climático introduce en Europa central riesgos que antes eran típicos de regiones meridionales.



- La relación entre la composición de especies (monocultivo), la sequía y la propagación del fuego.
- La complejidad y el coste de restaurar la zona afectada respetando sus valores naturales (roquedos de arenisca y ecosistemas abiertos poco frecuentes).

Actividad propuesta: Ejercicio de simulación de crisis: los estudiantes se dividen en equipos (bomberos, administración del parque, alcaldes y biólogos). Basándose en materiales reales de las primeras horas del incendio, deben decidir las prioridades de intervención, evacuación y comunicación pública. Después comparan sus decisiones con el desarrollo real de los acontecimientos.

Recursos complementarios: Sitio web especial de la administración del Parque Nacional de la Suiza Bohemia dedicado al incendio (con mapas, fotografías y actualizaciones periódicas sobre la restauración), reportajes de la Televisión Checa y declaraciones técnicas del Servicio de Bomberos y Rescate de la región de Ústí.

Caso C2. Parque ornitológico Mnišské Louky (Sociedad Checa de Ornitología)

Tema: Adaptación activa del paisaje: restauración de humedales como herramienta para mitigar los efectos del cambio climático.

Descripción: El parque ornitológico Mnišské Louky, cerca de Česká Lípa, es un ejemplo de transformación satisfactoria de tierras agrícolas en un humedal rico en especies. La Sociedad Checa de Ornitología adquirió los terrenos, retiró sauces excesivamente desarrollados y creó un sistema de charcas y depresiones. El objetivo principal del proyecto es la conservación (apoyo a las aves de humedal), pero también cumple una función adaptativa fundamental: retiene agua en el paisaje, aumenta la humedad y enfría localmente el microclima. Demuestra cómo las intervenciones dirigidas pueden reforzar la resiliencia del paisaje frente a sequías e inundaciones.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Un ejemplo concreto de «solución basada en la naturaleza» en la práctica.
- La relación entre la conservación de la biodiversidad y la adaptación al cambio climático.
- La importancia de la sociedad civil y de las comunidades locales en el cuidado del paisaje.

Actividad propuesta: Estudio de diseño para el recinto escolar: basándose en los principios observados en el parque ornitológico (retención de agua y creación de microhábitats), los estudiantes diseñan una propuesta para modificar una parte del recinto escolar o una parcela municipal ficticia, de modo que sea más resistente a la sequía y beneficiosa para la naturaleza. Evalúan costes y beneficios.

Recursos complementarios: Sitio web oficial y redes sociales del parque ornitológico Mnišské Louky (informes periódicos y listas de especies observadas), metodologías de la Sociedad Checa de Ornitología para la creación de charcas y datos del portal BioLog sobre especies presentes en el lugar.

Caso C3. Plaga de escolítidos en la zona del Parque Nacional de Šumava y del Parque Nacional del Bosque Bávaro

Tema: Colapso a gran escala de un ecosistema forestal como consecuencia del estrés climático y de la gestión histórica.

Descripción: Los extensos monocultivos de pícea de altitud media de Šumava se convirtieron en el epicentro de una plaga masiva del escarabajo descortezador de la pícea tras una serie de años secos y cálidos. A diferencia de los brotes tradicionales localizados, se produjo un colapso forestal generalizado en decenas de miles de hectáreas. Esta crisis suscitó un intenso debate social y profesional sobre la gestión adecuada (tala sanitaria frente a no intervención) y el futuro de los bosques de Šumava.

Aspectos clave para la enseñanza:

- Los monocultivos forestales son extremadamente vulnerables a la combinación de un factor de estrés climático (sequía) y un agente biológico (escolítido).
- El cambio climático provoca transformaciones ecosistémicas que alteran las «reglas del juego» de la silvicultura tradicional.

- La dimensión social de una crisis ambiental: conflicto de intereses entre conservación de la naturaleza, economía y percepción del paisaje.

Actividad propuesta: Juego de roles: mesa redonda sobre el futuro de Šumava. Los estudiantes asumen funciones con intereses definidos (director del parque nacional, gestor forestal, activista ambiental, propietario de un alojamiento turístico y alcalde local). Deben encontrar una solución de compromiso para gestionar una zona determinada basándose en hechos (datos sobre la extensión de la plaga y proyecciones climáticas).

Recursos complementarios: Informe anual sobre el estado de los bosques (VÚLHM), mapas de propagación de escolítidos del portal Lesní svět, documentales de la Televisión Checa («Bark Beetle», «Šumava: An Endless Story») y declaraciones de la administración del Parque Nacional de Šumava y de instituciones científicas.

Caso C4. Parque Nacional de la Suiza Bohemia: restauración a largo plazo y fortalecimiento de la resiliencia tras el incendio

Tema: Sucesión ecológica, regeneración natural y gestión activa en la restauración de las zonas afectadas.

Descripción: El incendio del verano de 2022 dejó una extensa superficie (más de 1 000 ha) con masas forestales muertas en el corazón del parque nacional. Este «desastre» también ofrece una oportunidad para el seguimiento científico de los procesos naturales y para probar distintos enfoques de restauración. La administración del parque combina varias estrategias: permite que los procesos naturales (sucesión) se desarrollen en la mayor parte del territorio; favorece la regeneración natural de especies arbóreas autóctonas en lugares seleccionados (por ejemplo, protegiendo los plantones frente al ramoneo); y planta masas mixtas con una mayor proporción de frondosas (roble, haya y arce) en zonas periféricas. El objetivo a largo plazo es crear un bosque más rico en especies y más resiliente frente al clima que sustituya los monocultivos originales de pícea.

Aspectos clave para la enseñanza:

- El fuego como perturbación natural que reinicia el ecosistema y abre espacio al cambio.
- La diferencia entre la sucesión pasiva (sin intervención) y las intervenciones de gestión activa.
- El concepto de regeneración natural como herramienta fundamental y, a menudo, más eficaz para aumentar la resiliencia de un nuevo bosque.
- La escala temporal prolongada de la restauración de ecosistemas forestales (de décadas a cientos de años).

Actividad propuesta: Estudio comparativo de la sucesión: proyecto «Cómo crece un bosque nuevo». Los estudiantes seleccionan dos lugares dentro de la zona quemada (uno con sucesión natural y otro con plantación) y establecen un proyecto de seguimiento a largo plazo. Periódicamente (una o dos veces al año) documentan la cobertura del suelo, la composición de especies del estrato herbáceo y la altura de los árboles. Comparan sus observaciones con los informes oficiales de la administración del parque.

Recursos complementarios: Informes anuales de restauración y seguimiento a largo plazo de la administración del Parque Nacional de la Suiza Bohemia, artículos científicos sobre sucesión posterior a incendios en zonas de arenisca, documentación fotográfica y mapas del sitio web del parque, y metodologías de la AOPK ČR (Agencia de Conservación de la Naturaleza de la República Checa) sobre regeneración forestal natural.

6. Contenidos interactivos y multimedia

La enseñanza moderna de los temas medioambientales requiere un enfoque atractivo e interactivo. Esta sección reúne herramientas digitales contrastadas, recursos multimedia y plataformas en línea que el profesorado puede utilizar directamente para enriquecer sus clases. Todos los recursos se han seleccionado teniendo en cuenta su valor educativo, su accesibilidad y su pertinencia para el tema de los efectos del cambio climático en los bosques.

6.1. Vídeos y documentales

Los vídeos breves y los documentales son una excelente introducción al tema o una base para el debate.

- **Ámbito mundial y europeo:** La serie «Our Planet» (Netflix/BBC), el documental «David Attenborough: A Life on Our Planet» y vídeos breves sobre el clima del canal «Kurzgesagt – In a Nutshell».
- **España:** Documentales de RTVE («El Bosque Protector») y reportajes sobre incendios y sequías (El País, La Sexta).
- **República Checa:** Documentales de la Televisión Checa: «Kůrovec» (escarabajo descortezador), «Požár v Českém Švýcarsku» (incendio en la Suiza Bohemia) y «Suchý úděl» (destino seco). Reportajes del portal «Stream.cz» (sección de ciencia).
- **Portugal:** Reportajes sobre incendios (RTP), documentales sobre el ecosistema del montado (SPEA, APA) y documentales de naturaleza: «Guadiana Selvagem», «Cante da Terra», «Alentejo Natural» (Daniel Pinheiro) y «Montado» (Joaquín Gutiérrez Acha).

6.2. Simulaciones y modelización en línea

Permiten al alumnado experimentar con sistemas complejos y observar las consecuencias de diferentes decisiones.

- **Global Forest Watch:** Mapa interactivo para el seguimiento de la deforestación y los incendios casi en tiempo real.
- **Canopy Virtual Forest / FireSim:** Simuladores de crecimiento forestal y propagación de incendios (adecuados para demostrar la influencia de la composición de especies y de las condiciones meteorológicas).
- **Simulador climático En-ROADS (Climate Interactive):** Modelo de simulación avanzado que muestra el impacto de diversas políticas sobre el calentamiento global (adecuado para estudiantes de mayor edad).

6.3. Aplicaciones móviles para el trabajo de campo y la ciencia ciudadana

- **Identificación de especies:** iNaturalist / Seek (uso general), PlantNet (plantas), BirdNET (aves mediante el canto), eBird (aves: registros y base de datos) y Biodiversity4all.
- **Específicas de la República Checa:** BioLog (base de datos oficial de la Agencia de Conservación de la Naturaleza de la República Checa, AOPK ČR) y Lesní svět (mapas de las plagas de escarabajos descortezadores).
- **Meteorología y sequía:** Windy (previsión meteorológica) y versión móvil del portal Intersucho.cz.

6.4. Excursiones virtuales y entornos de 360°

Acercan al alumnado lugares lejanos o de difícil acceso.

- **Google Earth / Google Earth Studio:** Herramientas para crear recorridos virtuales y animaciones sobre los cambios del paisaje a lo largo del tiempo (por ejemplo, el retroceso de los glaciares o la extensión de las superficies quemadas).
- **Visitas virtuales oficiales de parques nacionales:** Muchos parques (parque nacional de Šumava, parque nacional de la Suiza Bohemia y Doñana) ofrecen recorridos de 360° o cámaras en directo en sus sitios web. Google Street View («Maravilhas de Portugal», incluidos los parques naturales portugueses).

6.5. Producción multimedia escolar

Guía para crear contenidos propios.

- **Herramientas:** Canva (carteles, presentaciones y vídeos breves), CapCut o DaVinci Resolve (edición de vídeo), Audacity (edición de audio) y Anchor (creación de pódcast).
- **Temas para proyectos del alumnado:** «Entrevista a un profesional forestal (virtual)», «Documental sobre los cambios en el bosque local» y «Pódcast sobre especies invasoras».

6.6. Claves de identificación y herramientas de inteligencia artificial

- **Claves de identificación en línea:** Por ejemplo, PHOTOATLAS de plantas de la República Checa y claves disponibles en sitios web de jardines botánicos, como https://flora-on.pt/, sobre la flora interactiva de Portugal.
- **Asistentes de inteligencia artificial:** Pueden utilizarse para crear cuestionarios, explicar conceptos complejos o generar ideas sobre posibles soluciones. Es imprescindible insistir en la verificación crítica de la información generada.

6.7. Cuestionarios interactivos y debates en línea

- **Herramientas de evaluación y participación:** Kahoot, Quizizz, Mentimeter y Slido. Pueden emplearse para comprobar los conocimientos durante el aprendizaje, realizar encuestas de opinión anónimas o generar ideas en grupo.
- **Plataformas de debate en línea:** Padlet (muro virtual para recopilar ideas) y Flip (respuestas breves del alumnado en vídeo).

6.8. Gamificación y juegos educativos

- **Juegos de mesa o virtuales de temática medioambiental:** «Carbon Cycles» y «Ecosystem».
- **Creación de un juego sencillo propio:** Por ejemplo, con Wordwall o LearningApps se pueden elaborar crucigramas, actividades de asociación o juegos de escape sobre la protección de los bosques.

6.9. Recursos internacionales complementarios

- **NASA Climate Kids / ESA Kids:** Recursos accesibles y atractivos para el alumnado más joven.
- **Portal de conocimientos sobre el cambio climático del Banco Mundial:** Datos y perfiles de países.
- **Red de Escuelas Asociadas de la UNESCO (ASPnet):** Proyectos y materiales sobre desarrollo sostenible.
- **Naciones Unidas:** https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change
- **Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC):** https://www.ipcc.ch/

7. Ideas para la cooperación internacional

Este manual es, en sí mismo, un producto de la colaboración internacional. Las ideas que se presentan a continuación pretenden inspirar al profesorado y al alumnado de todos los países socios para dar continuidad a este trabajo colaborativo, profundizar en el conocimiento mutuo y desarrollar sus proyectos en un contexto europeo.

7.1. Proyectos conjuntos e intercambios

- **Colaboración virtual en proyectos (eTwinning):** Creación de un proyecto conjunto en la plataforma eTwinning. Temas: «Diario forestal de tres países», «Seguimiento de la migración de una especie de ave común» y «Diseño de medidas de adaptación para nuestros centros educativos».
- **Intercambios de corta duración de alumnado y personal (Erasmus+):** Organización de estancias temáticas centradas en el trabajo de campo. Por ejemplo, estudiantes españoles y portugueses visitan Šumava para estudiar la restauración tras una plaga de escolítidos; estudiantes checos y españoles viajan a Portugal para conocer el sistema de montado.
- **Estudios locales «gemelos»:** Realización paralela de una misma investigación (por ejemplo, medir el microclima en un bosque frente a una superficie talada) en los terrenos escolares de los tres países, seguida de una evaluación conjunta y una comparación de los datos.

7.2. Intercambio de datos e investigación colaborativa

- **Base de datos compartida de observaciones:** Uso de la plataforma iNaturalist para crear un proyecto conjunto en el que el alumnado de todos los centros suba observaciones de plantas y animales afectados por el cambio climático. Posteriormente, los datos se utilizan para su análisis.
- **Diario climático de tres países:** A lo largo del curso escolar, el alumnado registra periódicamente determinados datos meteorológicos (temperatura y precipitaciones), observaciones fenológicas (por ejemplo, la brotación del abedul) y una descripción subjetiva del paisaje. Al finalizar el curso, elabora un informe comparativo.
- **Análisis de imágenes de satélite:** Grupos formados por estudiantes de distintos países analizan conjuntamente series temporales de imágenes de satélite (Google Earth Engine) de lugares seleccionados (por ejemplo, el Parque Nacional de Doñana, Šumava y Serra da Estrela) y buscan indicios de cambio.

7.3. Debates y encuentros virtuales

- **Conferencias y mesas redondas de estudiantes en línea:** Encuentros periódicos mediante plataformas como Zoom o Teams, en los que los equipos de estudiantes presentan los resultados de sus proyectos locales y los debaten con compañeros de otros países. Temas: «Incendios forestales: ¿experiencias diferentes, un problema común?» y «El futuro de los bosques de nuestra región».
- **Entrevistas con especialistas:** Invitación a científicos, profesionales forestales o especialistas en conservación de uno de los países socios para impartir una conferencia en línea dirigida al alumnado de los tres centros.
- **Espacios de lengua y cultura:** Breves presentaciones del alumnado sobre cómo se refleja el tema de los bosques y el clima en sus lenguas nacionales, su literatura, su folclore o su arte.

7.4. Productos finales compartidos

- **Sitio web o blog multilingüe del proyecto:** Un equipo editorial de estudiantes de cada país elabora contenidos en su propia lengua (con un resumen en inglés) sobre el desarrollo de sus actividades, sus hallazgos y sus reflexiones.
- **Exposición conjunta:** Exposición digital o itinerante de fotografías, carteles y obras artísticas del alumnado bajo el título «Bosques y cambio climático: una mirada desde tres rincones de Europa». La exposición puede instalarse en todos los centros educativos socios y en centros de visitantes locales.
- **Documental audiovisual colectivo o serie de pódcast:** Cada grupo nacional graba un segmento sobre su región. Después, un equipo conjunto de estudiantes edita los materiales para crear un producto coherente, con una estructura común y música de cabecera compartida.
- **Manifiesto o carta abierta:** Redacción conjunta de un documento en el que el alumnado resuma sus principales hallazgos, preocupaciones y propuestas de solución y lo dirija a responsables políticos e instituciones de ámbito local, nacional o europeo.

Estas actividades no solo profundizan los conocimientos específicos de la materia, sino que también desarrollan las competencias lingüísticas, digitales e interculturales del alumnado y refuerzan su sentimiento de pertenencia a una comunidad europea que afronta conjuntamente un desafío global.

8. Bibliografía y recursos recomendados

Esta sección contiene una selección de recursos para profundizar en el tema, preparar las clases y verificar la información incluida en el manual. Los recursos se organizan por países y áreas temáticas para facilitar el trabajo del profesorado de todos los países socios.

8.1. Fuentes oficiales y portales de datos por país

Fuentes mundiales y europeas

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático): Sexto Informe de Evaluación (AR6), especialmente el Resumen para responsables de políticas. [Fuente principal del consenso científico].

Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA/EEA): publicación «Cambio climático, impactos y vulnerabilidad en Europa». [Datos comparativos de Europa].

Instituto Forestal Europeo (EFI): estudios e informes breves de políticas sobre bosques, incendios y adaptación.

Servicio de Cambio Climático de Copernicus (C3S) y Servicio de Vigilancia Terrestre: datos satelitales e indicadores climáticos de libre acceso.

España

[1] AEMET (Agencia Estatal de Meteorología): «Informe sobre el estado del clima en España», informes anuales. [https://www.aemet.es/en/serviciosclimaticos/cambio_climat]

[2] MITECO (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico): «Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC)», informes sobre desertificación e inventarios forestales nacionales. [https://www.miteco.gob.es/]

Portales oficiales de parques nacionales: Doñana, Sierra Nevada y Sierra de las Nieves (incluyen materiales educativos y datos).

Portugal

[3] IPMA (Instituto Portugués del Mar y de la Atmósfera): datos climatológicos, valores normales y proyecciones. [https://www.ipma.pt/]

[4] APA (Agencia Portuguesa de Medio Ambiente): informes sobre el estado del medio ambiente y sección sobre cambio climático y recursos hídricos (por ejemplo, «Adaptación al cambio climático en Portugal»). [https://apambiente.pt/]

[8] ICNF (Instituto de Conservación de la Naturaleza y de los Bosques): «Relatório Anual de Áreas Ardidas» (informe anual de superficies quemadas) y datos forestales. [https://www.icnf.pt/]

República Checa

[5] ČHMÚ (Instituto Hidrometeorológico Checo): publicación «Cambio climático en la República Checa», datos históricos y escenarios climáticos. [https://www.chmi.cz/]



[6], [9] Instituto de Investigación sobre el Cambio Global de la Academia de Ciencias de la República Checa (CzechGlobe): portal Intersucho.cz, seguimiento de la sequía, previsiones e impactos sobre la vegetación. [https://www.intersucho.cz]

[7] ČHMÚ: datos y análisis relativos a la cubierta de nieve.

[10] VÚLHM (Instituto de Investigación Forestal y Cinegética): «Informe sobre el estado de los bosques y la silvicultura en la República Checa» (informe anual). [https://www.vulhm.cz/]

[11] Dirección General del Servicio de Bomberos y Rescate de la República Checa: estadísticas e informes sobre incendios forestales en el medio natural. [https://www.hzscr.cz/]

[12] AOPK ČR (Agencia de Conservación de la Naturaleza de la República Checa): portal BioLog (base de datos de observaciones de la naturaleza), listas rojas de especies y datos sobre áreas protegidas. [https://portal.nature.cz]

8.2. Proyectos educativos, plataformas y organizaciones no gubernamentales

Internacionales

Programa LIFE (UE): proyectos específicos de adaptación: LIFE Adaptamed (España), LIFE Montado-Adapt (Portugal) y LIFE for Forests (República Checa).

LEAF (Learning About Forests, Fundación para la Educación Ambiental): programa educativo internacional y recursos. [https://leaf.global].

Project Learning Tree (PLT): módulo «Southeastern Forests and Climate Change». [https://www.plt.org].

ABAE – Asociación Europea de la Bandera Azul (https://enea.apambiente.pt/).

FACE – Federación Europea de Caza y Conservación (https://www.face.eu/).

GWCT – Game & Wildlife Conservation Trust (https://www.gwct.org.uk/).

Nacionales (selección)

España: Ecoherencia (educación ambiental y restauración); Fundación Gypaetus (conservación de buitres y educación ambiental en Andalucía).

Portugal: SPEA (Sociedad Portuguesa para el Estudio de las Aves), entidad asociada a BirdLife International; CIBIO (Centro de Investigación en Biodiversidad y Recursos Genéticos) de Portugal; LPN (Liga para la Protección de la Naturaleza); Centro de Competencias para el Estudio, la Gestión y la Sostenibilidad de las Especies Cinegéticas y la Biodiversidad; ADPM (Asociación para la Defensa del Patrimonio de Mértola).

República Checa: Sociedad Checa de Ornitología (proyecto del parque ornitológico Mnišské louky); TEREZA, centro educativo (metodologías de educación ambiental); Nadace Partnerství (programas «Escuela para una vida sostenible»).

8.3. Herramientas interactivas y aplicaciones para la enseñanza

Universales

Google Earth Engine / Timelapse: visualización de los cambios del paisaje a lo largo del tiempo.



Global Forest Watch: plataforma en línea para supervisar los cambios de la cubierta forestal casi en tiempo real. [https://www.globalforestwatch.org].

iNaturalist / Seek by iNaturalist: plataforma para identificar especies y participar en proyectos de ciencia ciudadana.

PlantNet, eBird: aplicaciones para identificar plantas y registrar observaciones de aves.

Específicas de la República Checa

Lesní svět: mapas interactivos e información sobre los bosques checos, incluida la plaga de escolítidos. [https://www.lesnisvet.cz].

FOTOATLAS rostlin: clave detallada de identificación de plantas de la República Checa disponible en línea.

Portal de la Administración Pública: datos e informes medioambientales del Ministerio de Medio Ambiente.

8.4. Materiales audiovisuales y complementarios

Documentales y reportajes

«Our Planet»: serie de Netflix/BBC.

«El Bosque Protector»: serie documental de RTVE sobre los ecosistemas ibéricos.

Para la República Checa: documentales de la Televisión Checa: «Kůrovec» (escarabajo descortezador), «Požár v Českém Švýcarsku» (incendio en la Suiza Bohemia) y «Suchý úděl» (destino seco: impactos de la sequía).

Cursos y seminarios web en línea

Ofertas de organizaciones como la Academia de Aprendizaje Electrónico de la FAO (curso «Forests and transparency in the Paris Agreement») o de instituciones educativas nacionales.

Seminarios web del ICNF (Instituto de Conservación de la Naturaleza y de los Bosques de Portugal): https://natural.pt/news/webinares-terca-outras-palestra-2022-3-gravacoes?locale=pt