



eco2for

Mejora de la contribución del
sector forestal a la lucha contra
el cambio climático

Resultados y aprendizajes



eco2for

Mejora de la contribución del sector forestal a la lucha contra el cambio climático

El proyecto **eco2for** trabaja para reforzar la lucha contra el cambio climático de los bosques mediante el desarrollo de **proyectos de absorción** ligados a **gestión forestal**, a la vez que se atrae inversión privada y esto contribuye al desarrollo de actividad económica en un medio rural que sufre procesos de despoblación y abandono.

Para ello, desde el proyecto se elaboran metodologías y herramientas para desarrollar nuevos proyectos de **gestión forestal mejorada** asegurando que protejan la biodiversidad y los ecosistemas, se implementan **plataformas digitales** para gestionar, monitorear y registrar estos proyectos, y se llevan a cabo **proyectos piloto** de absorción de carbono para validar las metodologías y herramientas generadas en el proyecto.

Socios del proyecto



Periodo de ejecución: 15/02/2024 - 31/12/2025

Financiación:

El proyecto eco2for cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del MITECO en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea – NextGenerationEU.



Plan de Recuperación,
Transformación
y Resiliencia



Financiado por
la Unión Europea
NextGenerationEU



TRES NUEVAS METODOLOGÍAS DE GESTIÓN FORESTAL MEJORADA PARA PROYECTOS DE ABSORCIÓN

El proyecto eco2for ha desarrollado tres metodologías y herramientas de cálculo orientadas a proyectos de Gestión Forestal Mejorada (GFM) como una nueva tipología de proyectos forestales de absorción de CO₂. Estas metodologías proporcionan un marco sencillo, robusto y práctico que permitirá a los desarrolladores de proyectos de GFM implementar proyectos de absorción ligados a los mercados voluntarios de carbono.

Las metodologías desarrolladas son:



Metodología por mejora de la productividad: Esta metodología es de aplicación para prácticas de GFM que impliquen una mejora de los sistemas forestales que presentan estancamiento del crecimiento, densidades defectivas, arbolado envejecido y/o poco vigoroso, mediante actividades de densificación de las masas y plantaciones de enriquecimiento.



Metodología por prolongación de turnos: Esta metodología es de aplicación para prácticas de GFM que impliquen el alargamiento del turno de corta contribuyendo a la presencia de individuos de mayor edad y tamaño, y en consecuencia al aumento de la biomasa y de otros reservorios de carbono.



Metodología por conversión de zonas de aprovechamiento a conservación: Esta metodología es de aplicación para prácticas de GFM que impliquen la conversión de masas forestales gestionadas para el aprovechamiento de madera a masas forestales gestionadas con un objetivo de conservación, reserva y/o protección.





NUEVAS HERRAMIENTAS DE CÁLCULO DE GESTIÓN FORESTAL SOSTENIBLE

Se desarrollan herramientas de cálculo para determinar el aumento en los reservorios de carbono para los tres tipos de proyectos: 1) Mejora de productividad por replantación; 2) Alargamiento de turno y 3) Conversión de zonas de aprovechamiento a conservación. En España, existen numerosos documentos que reflejan la silvicultura estándar propuesta para las distintas especies y formaciones forestales como el Compendio de Silvicultura de España.



1) Mejora de productividad por replantación

Gracias a la realización de muestreos destructivos en parcelas de inventario previamente seleccionadas se obtienen los valores de biomasa para distintas especies forestales productivas en rangos de edad tempranos. Se desarrollan dos herramientas, la primera sería las ecuaciones de biomasa de árboles individuales y la segunda consiste en ecuaciones de biomasa por hectárea repoblada.



2) Alargamiento de turno

Supone una mejora en los stocks de carbono por un mayor almacenamiento medio en pie, así como la obtención de productos de madera con mayor vida útil, aunque el efecto depende de la especie. En primer lugar, resulta necesario la calibración y adaptación de modelos de crecimiento (estáticos y dinámicos) actualmente existentes en España que permiten simular el desarrollo y proyección en el tiempo del volumen del rodal bajo una gestión dada y un turno determinado. Las principales masas

forestales de nuestro país para las cuales se han llevado a cabo estos cálculos son las siguientes: *Betula alba*, *Castanea sativa*, *Eucalyptus globulus*, *E. nitens*, *Fagus sylvatica*, *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster* subsp. *atlantica*, *P. pinaster* subsp. *mesogeensis*, *P. pinea*, *P. radiata*, *P. sylvestris*, *Populus* sp., *Pseudotsuga menziesii*, *Quercus pyrenaica* y *Q. robur*.

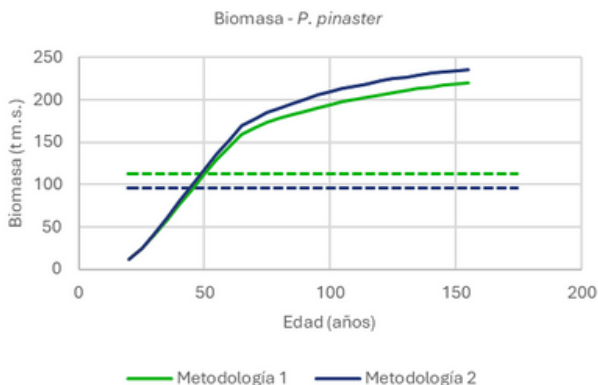


3) Conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación

Se desarrolla la metodología propuesta para el cálculo de los stocks de carbono asociados a estos proyectos. La conversión se produce en sistemas forestales sometidos a un aprovechamiento forestal intensivo o en aquellos con una gestión basada en la aplicación de cortas de mejora y de regeneración natural en los que ahora se propone el establecimiento de rodales de evolución natural, donde se suspenda la intervención, permitiendo el desarrollo de la masa, y obteniendo, a largo plazo, incrementos en las existencias medias de C. Para esta metodología, se

calibran y adaptan modelos de crecimiento que permiten simular el desarrollo y proyección en el tiempo del volumen del rodal bajo una interrupción de prácticas de gestión. En segundo lugar, se ajusta la mortalidad natural de estos con respecto a las Densidad de Reineke. Las diez principales masas forestales para las que se han llevado a cabo

estos cálculos son las siguientes: *Fagus sylvatica*, *Pinus halepensis*, *P. nigra*, *P. pinaster subsp. mesogeensis*, *P. pinea*, *P. radiata*, *P. sylvestris*, *Populus sp.*, *Q. pyrenaica* y *Q. robur*. La salida de estos modelos en volumen es, posteriormente, transformada a biomasa y finalmente convertida en absorciones generadas de CO₂ atmosférico.



MEJORA DE LAS HERRAMIENTAS DE CÁLCULO DE PROYECTOS DE FORESTACIÓN

Se han desarrollado ecuaciones para determinar **ex ante** la biomasa contenida y el C absorbido por una hectárea repoblada en función de la especie, la densidad inicial de plantación, ubicación geográfica del proyecto, y distintos atributos ambientales (zonificación ecológica, valores medios de precipitación, etc.), pudiendo realizar proyección de biomasa y C fijado a lo largo de los años iniciales de la forestación. También se han desarrollado ecuaciones y metodologías para la determinación **ex post** del **C fijado por un proyecto de absorción por forestación**, como herramienta para evaluar el éxito del mismo. Estos modelos se han construido tanto para las principales especies utilizadas en las forestaciones en España en los últimos 30 años, como para especies o grupos de especies menos representados. Se incluirán tanto especies autóctonas utilizadas en repoblaciones protectoras como especies exóticas empleadas habitualmente en plantaciones productivas.



METODOLOGÍAS PARA LA CUALIFICACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ABSORCIÓN

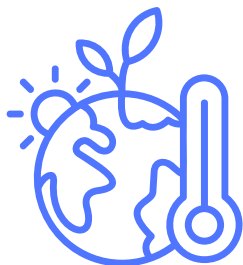
Las metodologías desarrolladas hasta el momento se basan en una cuantificación de las absorciones de CO₂, que permite el cálculo de las absorciones de los proyectos. Sin embargo, se producen dentro de la complejidad característica del bosque/plantación, considerando los diferentes reservorios de carbono existentes, así como otros factores como la variabilidad ambiental, climática y edáfica, etc., que le otorgan un valor añadido. Una simple cuantificación puede no ser definitiva de toda la complejidad de los ecosistemas.

Para definir esta complejidad, surge la necesidad de ir más allá de la cuantificación para dar un valor adicional a los proyectos de absorción.

Así, el desarrollo de indicadores que recojan aspectos **ecológicos**, **económicos** y **sociales**, así como sus interacciones, pueden resultar de gran utilidad para definir, evaluar y realizar el seguimiento periódico de los objetivos y promover la mejora cuantitativa de los proyectos de absorción, mediante la consideración de su caracterización cualitativa.



Se definen **indicadores** para dos tipologías de proyectos de absorción de CO₂, centradas en la **biodiversidad**: forestaciones y reforestaciones y restablecimiento de la masa forestal tras incendio. Se tendrán en cuenta los siguientes **criterios**:



- 1) Vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático
- 2) Erosión y desertificación
- 3) Diversidad de especies
- 4) Diversidad estructural
- 5) Diversidad funcional
- 6) Análisis espacial
- 7) Resiliencia
- 8) Inclusión de los proyectos dentro de zonas de protección
- 9) Gestión forestal adaptativa y sostenible
- 10) Restauración
- 11) Provisión de servicios ecosistémicos
- 12) Valoración socioeconómica y cultural

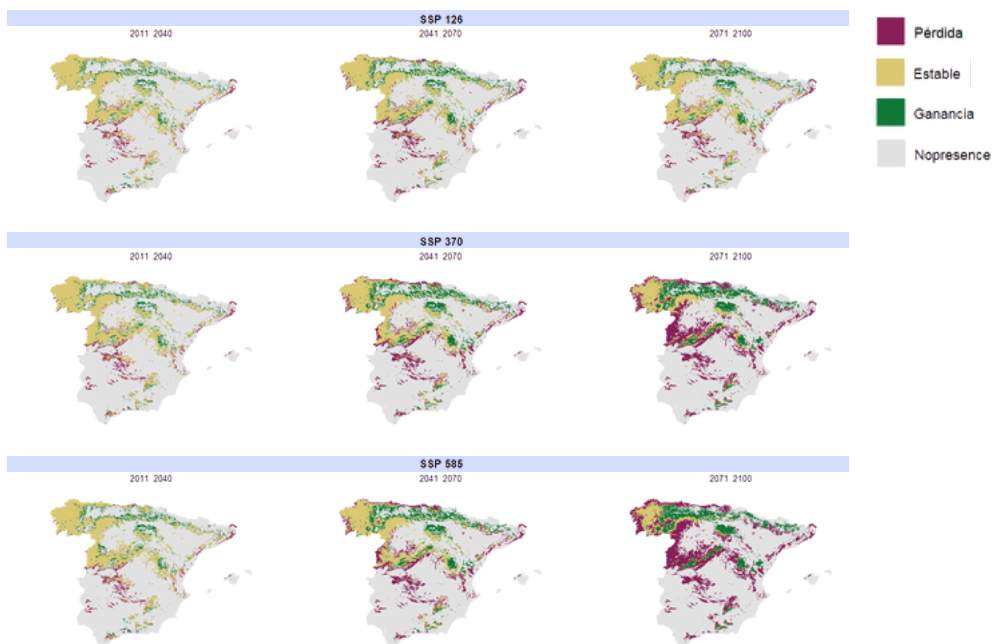
Tras la definición de estos indicadores, se pone en marcha una calculadora mediante la cual se podrá obtener un resultado final de biodiversidad para cada proyecto evaluado.



ADAPTACIÓN DE LOS PROYECTOS DE ABSORCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Se ha analizado la distribución potencial de especies forestales en la Península Ibérica, Islas Baleares y Canarias. Para ello, se han empleado **modelos de distribución de especies (MDE)** con la finalidad de determinar la idoneidad actual y futura de distintas especies forestales en el territorio.

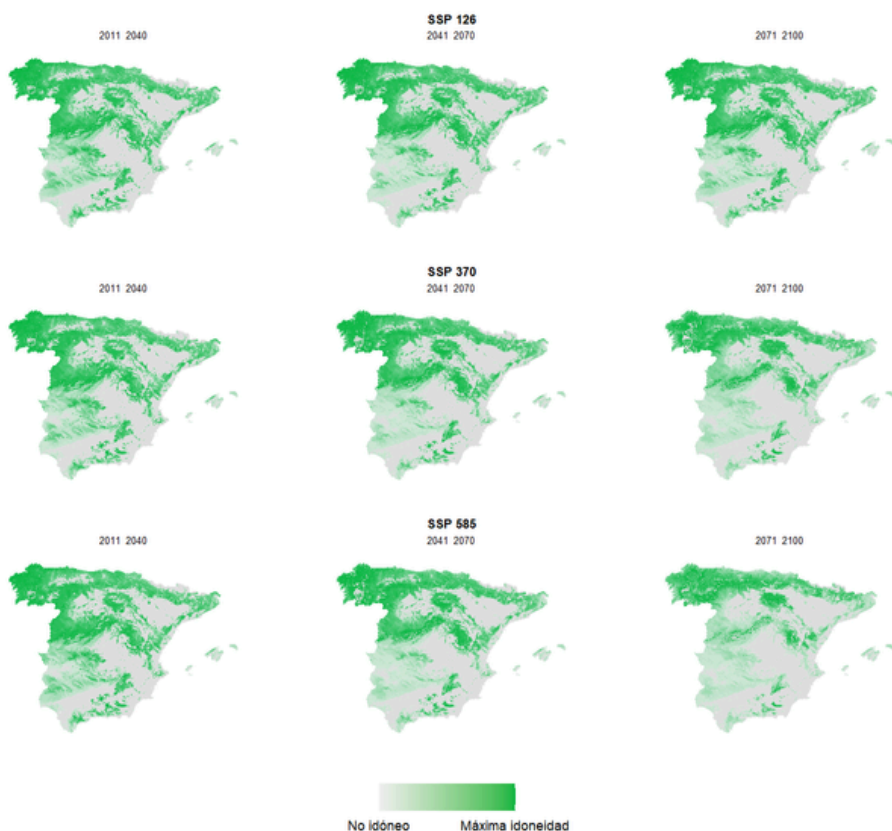
El modelado ha utilizado datos de presencias obtenidos del tercer Inventario Forestal Nacional (IFN3) y pseudoausencias generadas aleatoriamente, así como variables ambientales (climáticas, topográficas, edáficas y asociadas a la radiación solar). La modelización se ha realizado mediante el algoritmo Maximum Entropy Modeling (Maxent) para estimar la distribución potencial de las especies para cuatro intervalos temporales (periodo de referencia 1981-2010, y los periodos futuros 2011-2040, 2041-2070 y 2071-2100), considerando **tres escenarios de cambio climático del IPCC (SSP 126, SSP370 y SSP585)**, que representan distintas trayectorias de emisiones y desarrollo socioeconómico.



Los resultados incluyen la elaboración de **cartografía de idoneidad futura** bajo los tres escenarios de cambio climático, así como los cambios en la distribución potencial de las especies forestales (ganancia, estabilidad o pérdida).



Además, se ha generado una cartografía conjunta de las especies analizadas que permite identificar, de forma global, las zonas de la Península, Islas Baleares y Canarias donde se prevén los cambios más significativos en la distribución potencial. Esta información es relevante para **orientar la planificación y selección de especies en futuras repoblaciones**, favoreciendo la **adaptación** de los ecosistemas forestales al cambio climático.



Las especies con mayor superficie potencialmente idónea en el periodo de referencia (1981-2010) para la Península Ibérica y Baleares son *Quercus ilex*, *Quercus faginea*, *Juniperus oxycedrus* y *Pinus pinaster*, con valores del 35,8%, 26,3%, 25,4% y 25,0%, respectivamente. En contraste, las especies con menor superficie potencial idónea en dicho periodo son *Eucalyptus globulus*, *Pinus radiata* y *Fagus sylvatica*, con una superficie potencial de 7,9%, 9,4% y 10,8%, respectivamente.



El cambio proyectado para **especies mediterráneas** como *Pinus pinaster* y *Quercus ilex* varía en función del escenario considerado. Se trata de especies que presentan una amplia distribución en el periodo de referencia, con estabilidad y ligeros aumentos a corto y medio plazo (2011-2040 y 2041-2070), aunque con pérdida de superficie a largo plazo (2071-2100). *Pinus pinea* muestra incrementos entre el 22-27% a corto plazo y entre el 3-11% a medio plazo bajo los escenarios SSP126 y SSP370. *P. halepensis* experimenta pérdidas entre un 14-16% para el SSP126 y entre un 10-45% para el SSP370. Y destaca *Olea europaea*, que aumenta su superficie potencialmente idónea en todos los periodos futuros. En el SSP126 muestra aumentos 36-55%; en el SSP370 entre el 38-115%; y en el SSP585 entre el 36-126%.

En cuanto a **especies submediterráneas**, *Pinus nigra* aumentaría un 8,8%, 2,9% y 15,4% su distribución potencial idónea en las trayectorias SSP126, SSP370 y SSP585, para el periodo 2011-2040, pero en los demás escenarios e intervalos de años muestra una disminución de la superficie idónea que alcanza el 79,2% en el periodo 2071-2100 bajo el escenario SSP585. *Quercus pyrenaica* experimentaría pérdidas de superficie idónea respecto al periodo de referencia en todos los escenarios e intervalos temporales (disminución del 54,1% en 2041-2070, SSP370).

Fagus sylvatica y *Pinus sylvestris*, como **especies eurosiberianas** presentes en el límite sur de su distribución en la Península Ibérica muestran una reducción progresiva de su distribución potencialmente idónea en todas las trayectorias y periodos futuros considerados. En el SSP370, el haya disminuye un 20,3 %, 47,4 % y 59,8 % y el pino silvestre un 19,6 %, 47,7 % y 71,5 % a corto, medio y largo plazo.

Los resultados permiten inferir cambios espacio-temporales en la distribución potencial de las especies al proyectarlos bajo condiciones climáticas futuras. Se proporciona así información sobre las especies o zonas más susceptibles al cambio climático, a la vez que se cuantifica la variación en su distribución potencial. Esta herramienta constituye un **recurso estratégico para la planificación forestal** y para el diseño de repoblaciones adaptadas al cambio climático, en el marco de una **gestión forestal sostenible y adaptativa**.

PLATAFORMA DIGITAL PARA LA ELABORACIÓN DE PROYECTOS DE ABSORCIÓN FORESTALES

La plataforma eco2for constituye una **herramienta digital integral para la gestión técnica y administrativa de los proyectos de absorción** de carbono forestal inscritos en el Registro Nacional de Huella de Carbono (OECC). Diseñada para facilitar la validación, el monitoreo y la verificación de los proyectos, la plataforma automatiza cálculos, genera documentación técnica y conecta datos de campo y satélite en un mismo entorno.



Estructura funcional: La plataforma se organiza en dos bloques principales, que abarcan todo el ciclo de vida del proyecto

Bloque 1 – Validación ex ante (diseño del proyecto)

Incluye los módulos de:

- Creación del proyecto, donde el usuario introduce la cartografía, la línea base y el escenario de gestión.
- Evaluación del proyecto, que incorpora herramientas para analizar la adicionalidad, la adaptación al cambio climático (mediante modelos predictivos de idoneidad climática para más de 30 especies) y la biodiversidad.
- Modelización ex ante del carbono, que cuantifica las absorciones potenciales en función de la especie, el turno y la metodología aplicada.
- Generación documental y registro, que compila automáticamente todos los informes y anexos requeridos por el Registro de la OECC.

Bloque 2 – Verificación ex post (monitoreo y seguimiento)

Integra herramientas que permiten verificar los resultados reales de absorción:

- Diseño del monitoreo, que recomienda el método más adecuado según la estructura de la masa forestal.
- Inventario de campo (app móvil), para la captura de datos georreferenciados con control de calidad automático.
- Inventario mediante sensores remotos, que obtiene valores de biomasa por rodal a partir de modelos de teledetección.
- Herramienta de cálculo ex post, que estima las absorciones reales y su incertidumbre.
- Generación documental para verificación, con informes técnicos y trazabilidad completa.
- Registro de resolución, donde se gestiona el estado de los créditos (emitidos, vendidos o cancelados).

Con esta infraestructura digital, eco2for ofrece un **sistema robusto, transparente y operativo** para la **cuantificación, validación y seguimiento** de las absorciones de carbono forestal en España.

La plataforma reduce la carga administrativa de los promotores, mejora la calidad de la información técnica y refuerza la credibilidad y trazabilidad de los proyectos ante la administración y el mercado.



SISTEMA DE MONITOREO DE PROYECTOS DE ABSORCIÓN

El sistema de monitoreo de la plataforma eco2for incorpora un conjunto de modelos de biomasa forestal basados en teledetección y una aplicación móvil para la recogida de datos en campo. Estas herramientas permitirán a los promotores de proyectos de absorción de carbono calcular y calibrar de manera más ágil la evolución de las masas forestales.



Modelos de biomasa con datos satelitales

Se han desarrollado un conjunto de 27 modelos de biomasa para especies autóctonas (16), exóticas (8) y grupos de especies (3). Estos modelos, programados en Python sobre la API de Google Earth Engine, funcionan con imágenes Sentinel-2 o Landsat, en función de la disponibilidad de datos. La calibración se ha realizado con información obtenida en parcelas de campo, incorporando variables como la altura de los árboles y otros parámetros medidos directamente sobre el terreno.



App para toma de datos en campo

Se ha desarrollado una aplicación móvil que facilita la recogida y transmisión de datos desde parcelas forestales específicas. La herramienta permite integrar la información obtenida en campo con los modelos satelitales, asegurando la coherencia entre los cálculos remotos y las observaciones directas.



Integración en la plataforma eco2for

Los modelos de biomasa y la aplicación de campo están integrados en un módulo específico de monitoreo dentro de la plataforma. Desde aquí, los usuarios pueden acceder a recomendaciones adaptadas al tipo de masa forestal, mejorando la estimación del carbono absorbido y facilitando el cumplimiento de los requisitos de validación de los proyectos.

Con este sistema, eco2for dispone de una infraestructura digital completa y operativa para el seguimiento, verificación y análisis de proyectos de absorción de carbono forestal, basada en datos objetivos, transparentes y verificables.

MEJORA DEL MERCADO DE CRÉDITOS

eco2for aborda el desafío de la fragmentación de la información en el mercado de carbono mediante el desarrollo de una **aplicación web** y un **asistente inteligente**, redefiniendo la forma en que profesionales y organizaciones acceden, visualizan y analizan datos del creciente mercado voluntario de créditos de carbono, con un énfasis en proyectos forestales.



La **plataforma web unifica datos dispersos y los transforma en conocimiento accionable**, facilitando la toma de decisiones informadas sobre inversión y colaboración ambiental. Su núcleo radica en la recopilación automatizada de información de múltiples fuentes públicas a través de sistemas de *scraping* continuo y el procesamiento de estos datos heterogéneos para su normalización y análisis comparativo. El sistema integra información crítica de las principales plataformas del mercado, distinguiendo entre dos tipos fundamentales de datos:

- **Registry:** datos técnicos y de certificación de proyectos. Se incluyen registros clave como **Verra, Gold Standard, ACR, GCC, ICR, MITECO y Puro Earth**.
- **Marketplace:** información comercial vital como el precio, la divisa y el stock disponible, con datos extraídos de plataformas como **ClimateTrade** y la sección marketplace de **Gold Standard**.

La aplicación web ofrece:

- visión panorámica a través de estadísticas generales y métricas clave sobre el estado del mercado
- listados completos de proyectos de Registry y Marketplace con paginación de 10 elementos y filtrado por criterios múltiples (estado, país, tipo, plataforma)
- análisis profundo por proyecto, incluyendo información específica y gráficos de líneas temporales que comparan emisiones vs. retiradas de créditos por año
- gráficos que visualizan el Top 10 por países con mayor volumen de créditos anuales estimados, tipos de proyecto más relevantes, países líderes en Marketplace, y tipos de proyecto predominantes en Marketplace
- filtro exclusivo para proyectos forestales, atendiendo a una demanda especializada de los usuarios
- estadísticas personalizadas por el usuario





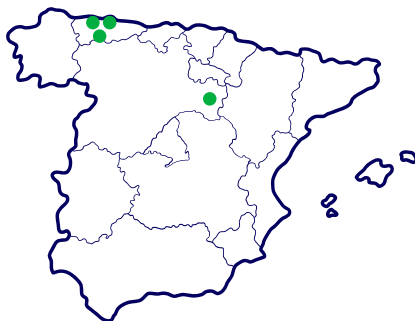
La funcionalidad más disruptiva de eco2for es su **Asistente (Chatbot)** de consulta avanzada, diseñado para democratizar el acceso a la información compleja del mercado de carbono. Permite a los usuarios formular peticiones en **lenguaje natural**. Actúa como un intermediario inteligente que interpreta la solicitud del usuario (identificando criterios de búsqueda como ubicación o estándar de certificación) para luego interactuar con la base de datos y sintetizar los resultados.

El proyecto eco2for representa un avance significativo en la aplicación de la Inteligencia Artificial y el Deep Tech para la sostenibilidad y la economía verde, transformando la gestión de datos técnicos y comerciales en el mercado voluntario de carbono en un proceso eficiente y accesible.

Accede a la plataforma en <https://eco2for.bisite.es/>

PROYECTOS PILOTO DE ABSORCIÓN

En el marco del proyecto eco2for se ha realizado la implantación de proyectos piloto de absorción en distintas localizaciones de **Asturias y Castilla y León** para validar estas metodologías y herramientas. El diseño de estos proyectos incluye la mejora del estado ambiental de las masas forestales en términos de biodiversidad y funcionalidad ecológica de las mismas, de acuerdo con las metodologías desarrolladas.



Los proyectos piloto ubicados en Asturias, concretamente en los concejos asturianos de Caso, Riosa y Valdés, **validarán las tres metodologías y herramientas desarrolladas de GFM** en eco2for: proyectos de absorción de GFM por mejora de la productividad, proyectos de absorción de GFM por prolongación de turnos y proyectos de absorción de GFM por conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación.

Para la evaluación de la **metodología de GFM** para la **mejora de la productividad** se ha seleccionado una masa de castaño, muy joven (2 años) procedente de monte bajo, con una densidad defectiva, ubicada en el concejo de Valdés (Asturias). En ella se realizará una redensificación mediante la plantación de nuevos castaños mejorados genéticamente orientados a la producción de madera.



Para la evaluación de la **metodología de GFM** por **prolongación de turnos** se han seleccionado masas de castaño de aproximadamente 20-25 años de la red experimental de la Fundación CETEMAS, donde se incluyen experiencias con y sin gestión forestal como contraste, ubicadas en los concejos asturianos de Riosa y Caso, en el Parque Natural de Redes.

Para evaluar la **metodología de GFM** por **conversión de zonas de aprovechamiento forestal a zonas de conservación** se ha seleccionado una masa de castaño de monte bajo gestionada con una edad avanzada, en torno a 60 años, en el concejo de Caso, también dentro del Parque Natural de Redes.



Finalmente, los proyectos piloto permitirán evaluar el efecto de la GFM en masas de castaño en el norte de España y su contribución a la mitigación del cambio climático promoviendo su implementación en futuros proyectos de absorción ligados a los mercados voluntarios de carbono.

El proyecto piloto desarrollado en Castilla y León se localiza en la provincia de Soria, en los municipios de La Póveda y en Cascajosa (Tardelcuende). Este proyecto piloto sirve para **probar y validar las nuevas herramientas de cálculo ex ante** desarrolladas en el proyecto en **proyectos de repoblación** ya ejecutados. Entre las especies de plantación, se han utilizado: *Pinus pinaster*, *Pinus nigra*, *Pinus sylvestris* y *Quercus faginea*. En primer lugar, se realiza el cálculo ex ante mediante la metodología actual y la hoja de Excel del MITERD. Posteriormente se repite el cálculo ex ante con las nuevas metodologías y herramientas de cálculo desarrolladas en el eco2for.



REUNIONES CON LA OFICINA ESPAÑOLA DE CAMBIO CLIMÁTICO (OECC)

A lo largo de todo el desarrollo del proyecto eco2for se ha mantenido una estrecha colaboración con la Oficina Española de Cambio Climático (OECC), organismo clave en la definición de las políticas nacionales de mitigación y adaptación al cambio climático.

Durante el proyecto se han celebrado diversas reuniones técnicas y de coordinación con el equipo de la OECC, en las que se han abordado aspectos estratégicos y metodológicos relacionados con las metodologías de GFM para proyectos de absorción, las herramientas de cálculo y la plataforma de proyectos de absorción, con el objetivo de que los resultados del proyecto sean útiles más allá del periodo de ejecución.


COMUNICACIÓN Y DIFUSIÓN

El proyecto ECO2FOR ha desarrollado una estrategia de **comunicación y difusión integral** orientada tanto al público objetivo especializado, como al público general, con el fin de aumentar la visibilidad de la gestión forestal y su papel en la transición ecológica.




#CONAMA2024
CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE





eco2for mejora las
herramientas y procesos
para diseñar, gestionar y
monitorear los proyectos
forestales, asegurando que
protejan la biodiversidad
y los ecosistemas.



www.eco2for.com



/company/eco2for



/eco2for



/eco2for_fb



eco2for