



2025 | **16-20**
GIJÓN | **JUNIO**

9º CONGRESO FORESTAL ESPAÑOL

9CFE-1245

Actas del Noveno Congreso Forestal Español
Edita: **Sociedad Española de Ciencias Forestales. 2025.**
ISBN: **978-84-941695-7-1**

Organiza





Criterios e indicadores para la cualificación de los proyectos forestales de absorción de CO₂.

X

RAMOS, R. (1); NÚÑEZ MANSO, Y. (1); CALAMA, R. (1); RUIZ-PEINADO, R. (1) y PARDOS, M. (1)

(1) Departamento de Dinámica y Gestión Forestal. Instituto de Ciencias Forestales (ICIFOR) (INIA-CSIC). Carretera A Coruña, km 7.5, 28040 Madrid, España.

Resumen

Las metodologías para la cuantificación del C atmosférico fijado por proyectos de absorción son esenciales para generar unidades verificadas de carbono a partir de las cuales compensar las emisiones de GEI. La cuantificación de las absorciones CO₂ de los diferentes reservorios de carbono que permite el cálculo de absorciones de proyectos se produce dentro una variabilidad ambiental, climática y edáfica y ante una complejidad característica del bosque/plantación. El objetivo de este trabajo es definir indicadores de evaluación para los proyectos de absorción de CO₂ que recojan la multifuncionalidad de los bosques, considerando tres aspectos: (1) vulnerabilidad frente al cambio climático, (2) figuras de protección, (3) erosión y desertificación. Una vez definidos los indicadores, se categorizan en tres niveles (bueno, regular o pobre) y su agrupación permitirá evaluar la mejora de la biodiversidad asociada al proyecto.

Palabras clave

Cuantificación y valoración de CO₂, créditos de carbono, forestación/reforestación, gestión forestal, restablecimiento zonas incendiadas.

1. Introducción

La Oficina Española de Cambio Climático (OECC) ha sido pionera en el desarrollo de un sistema voluntario de registro de huella de carbono, proyectos de secuestro de carbono y reducción de emisiones a través del “Proyecto Clima” (MITECO, 2021). En el sector forestal se ha despertado un alto interés por la generación de créditos ligados a proyectos de absorción por forestación o restauración post incendios. La implementación de nuevos proyectos de absorción de gestión forestal permitirá ampliar y mejorar los proyectos de forestación.

En este contexto, el proyecto “Mejora de la contribución del sector forestal a la lucha contra el cambio climático (ECO₂FOR)” pretende reforzar la lucha contra el cambio climático mediante el desarrollo de proyectos en el ámbito forestal, atrayendo inversión privada y contribuyendo al desarrollo de actividad económica en el medio rural y lucha contra la despoblación. Dentro del proyecto se contempla el desarrollo de metodologías para la cualificación por mejora de biodiversidad de los distintos tipos de proyectos de absorción. Estas metodologías son esenciales para cuantificar de manera real y precisa los gases de efecto invernadero (GEI) de



un proyecto, monitoreando los parámetros relevantes y cuantificando las reducciones o remociones de las emisiones de GEI, además de generar las unidades verificadas de carbono (VCU) (Real Decreto 163/2014; MITECO, 2023). Mediante un programa de acreditación de GEI, que implica la compra de créditos en el mercado voluntario de carbono, se pueden compensar las emisiones de GEI (MITECO, 2024a).

Las metodologías desarrolladas para el cálculo de las absorciones de CO₂ de los proyectos de absorción se basan en una cuantificación de las remociones de carbono. Sin embargo, dichas absorciones se producen dentro de la complejidad característica del bosque/plantación, considerando los diferentes reservorios de carbono existentes (parte aérea y radical, matorral y herbáceas, madera muerta, suelo orgánico y hojarasca), así como otros factores como la variabilidad ambiental, climática y edáfica, la diversidad de especies, la diversidad estructural, etc., que le otorgan un valor añadido.

En sentido amplio, una simple cuantificación puede no ser definitiva de forma individual 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.

2. Objetivos

El objetivo del estudio es la definición de indicadores para las dos tipologías de proyectos de absorción de CO₂ definidas por el MITECO, centradas en la biodiversidad: forestaciones y reforestaciones y restablecimiento de la masa forestal tras incendio. En este proceso de definición de los indicadores se tendrán en cuenta aspectos sociales, económicos, ambientales, culturales y espirituales, involucrando a los diferentes agentes implicados en los proyectos de absorción de CO₂. En el presente trabajo sólo se presentan los indicadores referidos a los siguientes criterios:

1. Vulnerabilidad frente al cambio climático.
2. Inclusión de los proyectos dentro de zonas de protección.
3. Erosión y desertificación.

Una vez descritos los indicadores, el siguiente objetivo es establecer una metodología precisa que permita la evaluación y valoración final de la biodiversidad de los proyectos de absorción de CO₂ de forma cualitativa. Por último, se implementa la metodología desarrollada a través de un ejemplo práctico de un proyecto de absorción para probar la aplicabilidad de los indicadores.



El objetivo de este trabajo se engloba dentro de un objetivo más ambicioso del proyecto ECO₂FOR, en el que se desarrollarán indicadores para un conjunto de 10 criterios, incluidos la diversidad de especies, diversidad funcional, provisión de servicios ecosistémicos, realizándose la integración de las puntuaciones de todos los indicadores para la obtención de una puntuación final de biodiversidad. Por lo tanto, este trabajo constituye una primera aproximación metodológica, ya que resulta necesario el desarrollo de todos los criterios e indicadores para poder recoger la complejidad característica del bosque/plantación, considerando los diferentes reservorios de carbono existentes (parte aérea y radical, matorral y herbáceas, madera muerta, suelo orgánico y hojarasca), así como otros factores como la variabilidad ambiental, climática y edáfica, la diversidad de especies, la diversidad estructural, etc. Recoger primero esta variabilidad y asignarle un valor cuantitativo es el primer paso para la obtención de una puntuación final de biodiversidad para los proyectos de absorción forestal.

3. Metodología

3.1. Definición de los indicadores

En la presente metodología, se definirán los indicadores seleccionados para los criterios 1) vulnerabilidad, 2) figuras de protección y 6) erosión y desertificación.

a) Criterio 1. Vulnerabilidad frente al cambio climático. Los elementos claves para poder predecir la vulnerabilidad de las especies frente a los efectos del cambio climático son la temperatura y las precipitaciones. De esta forma, se han seleccionado como indicadores definitorios el índice de aridez de DE MARTONNE (1926) y el índice de termicidad compensado de RIVAS-MARTÍNEZ (1987).

El índice de aridez de de Martonne (Ia) queda definido por la siguiente expresión:

$$Ia = P / (t_m + 10)$$

(Ec. 1),

donde P es la precipitación anual (mm) y t_m es la temperatura media anual (°C).

Los índices de termicidad se basan principalmente en la temperatura y se emplean para describir el ciclo térmico anual de una región con respecto a la productividad o crecimiento biológico (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). Para el desarrollo de las metodologías para la cualificación de los proyectos de absorción se emplea el índice de termicidad compensado de Rivas-Martínez. Este índice incorpora el efecto de la continentalidad, calculado a partir de la amplitud térmica, siendo una adaptación del índice de termicidad simple (Ics) (Ecuación 3). La vegetación asociada a las ubicaciones con mayor índice de termicidad presenta una mayor afinidad o adaptación a las altas temperaturas (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). El cálculo del índice de termicidad compensado (Itc) varía en función de los valores de amplitud térmica y requiere del cálculo previo del índice de continentalidad (Ic) (Ecuación 2):

$$Ic = Ics + [\text{altitud} \cdot 0,6/100]$$



(Ec. 2),

donde I_{cs} es el índice de continentalidad simple (Ecuación 3) y la altitud queda referida en metros (m).

$$I_{cs} = T_{m\acute{a}x} - T_{m\acute{i}n}$$

(Ec. 3),

donde $T_{m\acute{a}x}$ es la temperatura media del mes más cálido del año (°C) y $T_{m\acute{i}n}$ es la temperatura media del mes más frío del año (°C).

Así, a nivel nacional, el cálculo del índice de termicidad compensado (I_{tc}) requiere de las siguientes reglas:

1. Si la amplitud térmica es menor a 8 (áreas hiperoceánicas), el índice de termicidad compensado (I_{tc}) se calcula mediante la fórmula:

$$I_{tc} = I_t - [10 \cdot (8 - I_c)]$$

(Ec. 4),

donde I_t es el índice de termicidad e I_c es índice de continentalidad.

$$I_t = (T + M + m) \cdot 10$$

(Ec. 5),

donde T es temperatura media anual (°C), M es la temperatura media de las máximas del mes más frío (°C) y m es la temperatura media de las mínimas del mes más frío (°C).

2. Si la amplitud térmica se sitúa entre 8 y 18, el valor del índice de termicidad compensado (I_{tc}) se considera igual al del índice de termicidad (I_t), por lo tanto:

$$I_t = I_{tc}$$

(Ec. 6).

Para la elaboración de estos índices a nivel nacional se han empleado los datos procedentes del Visor de Escenarios de Cambio Climático (CC) de AdapteCCa (2024). En concreto, se han descargado las estadísticas históricas (1971 – 2000) y las proyecciones de un futuro lejano (2071 – 2100), correspondientes al escenario descrito como RCP 4,5 por el Sexto Informe (AR6) del Grupo Intergubernamental del Panel de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Este escenario se corresponde con un límite de calentamiento de 3 °C para el año 2100, siendo en el que se aplican medidas de mitigación del mismo y de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) (IPCC, 2021). Así, se ha elaborado una cartografía propia en la que se compara el incremento del índice de aridez y el de termicidad a partir de la diferencia entre los valores proyectados para el año 2100 y los valores históricos (1971 – 2000).

b) Criterio 2: inclusión de los proyectos dentro de zonas de protección. Las figuras de protección respecto a espacios naturales terrestres que existen en España se pueden clasificar en cuatro categorías: **(a) internacionales:** como Reservas de la biosfera del Programa MaB de la UNESCO o sitios Ramsar de la Convención relativa a los humedales, entre otras; **(b) europeas o comunitarias;** desarrolladas a través de Directivas y reglamentos de la Unión Europea, **(c) estatales:** derivadas de la Ley 42/2007, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad y de la Ley 43/2003, de Montes y **(d) autonómicas:** en desarrollo de



las competencias de las CCAA, empleando como base los estándares nacionales.

La figura de protección europea que afecta al medio terrestre en mayor medida es la Red Natura 2000, creada a partir de la Directiva 92/43/CEE, de Hábitats. Esta red se desarrolla a nivel nacional mediante la legislación estatal, en concreto la Ley 42/2007, la cual establece que los espacios incluidos en la Red Natura 2000 tendrán consideración de espacios protegidos, debiéndose aprobar planes o instrumentos de gestión, así como medidas reglamentarias que garanticen su no deterioro y mejora de los mismos. Además, la Ley reconoce las siguientes figuras de protección de ámbito terrestre: **Parques** (con legislación específica –Ley 30/2014, de Parques Nacionales–, donde se limita el aprovechamiento de los recursos naturales, y se elaborarán Planes Rectores de Uso y Gestión), **Reservas Naturales** (queda limitada la explotación de recursos, salvo que sea compatible), **Monumentos Naturales** (árboles singulares, entre otros, con protección especial y limitación de explotación de recursos) y **Paisajes Protegidos** (mantenimiento de prácticas de carácter tradicional). Incorpora, además, régimen de protección similar para figuras declaradas en el ámbito de la Directiva como Zonas Especiales de Conservación (ZEC) y Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA), con un régimen transitorio para Lugares de Importancia Comunitaria (LIC).

En cuanto a los montes, la Ley 43/2003 define los **Montes Catalogados de Utilidad Pública (CUP)**, incluidos los esenciales para la protección y sujeción del suelo, los de las cabeceras de las cuencas hidrográficas, los destinados a la mejora forestal, los que protejan infraestructuras, los que contribuyen a la conservación de la biodiversidad, etc. Estos montes incluidos en el CUP deberán ser declarados por las CCAA. Por último, las figuras autonómicas se desarrollan mediante la legislación de cada CA, estableciendo en la misma las diferentes restricciones, planes de gestión, etc.

Debido al alto desarrollo de distintas figuras de protección a diferentes escalas y países, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) desarrolló una lista de 6 categorías pretendiendo clasificar todos los niveles de protección para que puedan ser comparables entre sí (MITECO, 2022a). Estas categorías son: 1) reserva natural estricta y área silvestre, 2) parque nacional, 3) monumento o característica natural, 4) área de Gestión de hábitat o especie, 5) paisaje terrestre o marino protegido y 6) y 7) usos mixtos con limitaciones.

Para el desarrollo de las metodologías para la cualificación de los proyectos de absorción se tendrá en cuenta como criterio la inclusión del proyecto dentro de zonas de protección. Esto será evaluado en función de las diferentes figuras de protección existentes en nuestro país mediante su analogía con las categorías establecidas por la IUCN (MITECO, 2022a) (véase apartado 4.1.b del presente documento).

c) Criterio 6: erosión y desertificación. Para la determinación de la pérdida de suelo se empleará la metodología definida por el Inventario Nacional de Erosión de Suelos (MITECO, 2022b), que permite cuantificar las pérdidas medias anuales de



suelo por erosión hídrica superficial de tipo laminar o en regueros. A partir del desarrollo del modelo RUSLE para toda la superficie nacional se elabora el Mapa de Estados Erosivos, en el que se definen las pérdidas de suelo en toneladas por año y por hectárea (t/ha·año).

Para definir y puntuar la desertificación se empleará el Mapa de Riesgo de Desertización empleado en el Programa Nacional de Lucha contra la Desertización (MARM, 2008), como resultado de la interacción de la aridez, la erosión, la superficie incendiada y los acuíferos con problemas de sobreexplotación.

3.2. Clasificación cualitativa de los indicadores

Los indicadores seleccionados para definir los criterios ofrecerán puntuaciones continuas o discretas en función de la naturaleza del indicador:

- La aplicación de los índices de aridez y termicidad quedan puntuados de forma cuantitativa continua (valor numérico).
- La transposición de las categorías UICN a la legislación española queda puntuado de forma cualitativa discreta bajo una escala nominal multicotómica (cada una de las categorías es mutuamente excluyente).
- La pérdida de suelo a partir del Mapa de Estados Erosivos ofrece una puntuación cuantitativa discreta de tipo ordinal donde las t/ha·año se definen por diferentes categorías ordenadas por rango.
- La aplicación del Mapa de Riesgo de Desertización ofrece una puntuación cualitativa discreta de tipo ordinal donde el riesgo de desertificación se encuentra definido por categorías ordenadas por rango.

Independientemente de la naturaleza de las variables de entrada, para hacer un cómputo global de puntuación de biodiversidad de los proyectos de absorción, resulta necesario la agrupación de estas variables. Por ello, en el presente documento se desarrollará una conversión de las puntuaciones que ofrecen los indicadores en una categorización de tres valores cualitativos: bueno, regular o pobre. Los criterios de esta categorización quedan definidos a partir del razonamiento teórico y de la experiencia práctica. También deben quedar incluidas las opciones “no aplica”, para los casos en los que los órganos promotores de los mismos no han indagado lo suficiente en las características y condiciones específicas de la zona del proyecto dando lugar a pérdidas de oportunidades de aplicar medidas concretas que mejoren la biodiversidad del sitio.

Esta agrupación de la puntuación en tres rangos se lleva a cabo para que, de forma individualizada, y en última instancia, todos los indicadores tengan las mismas categorías de puntuación, facilitando un valor final de biodiversidad. No obstante, no todos los indicadores tendrán el mismo peso en la puntuación de biodiversidad final, siendo necesaria una ponderación de cada indicador. Para realizar esta ponderación, se tendrán en cuenta los siguientes elementos:

- Variables dependientes de la ubicación: deberán puntuar únicamente de forma positiva, salvo cuando varias de ellas sean calificadas con una baja puntuación cualitativa.
- Variables modificables por el órgano promotor del proyecto: podrán dar valores tanto positivos como negativos. En su óptimo, se emplearán valores



de inventario *ex ante* y *ex post* que permitan evaluar la aplicabilidad del proyecto.

- Variables no modificables por el órgano promotor del proyecto: únicamente se valorarán positivamente, muy relacionadas con la ubicación del proyecto.
- Variables de estudio o de información general: son aquellas complementarias que permiten conocer en detalle el proyecto y el estudio realizado. La carencia de estas podrá dar lugar a valoraciones negativas al no considerar elementos que se consideran fundamentales para este tipo de proyectos.

3.3. Elaboración de la calculadora de biodiversidad

Una vez desarrollada la fuente teórica de los indicadores seleccionados de los tres criterios, se realiza la valoración conjunta de los mismos, asignándoles una puntuación de biodiversidad. Para ello, se desarrolla una aplicación/calculadora de biodiversidad. Los indicadores definidos dentro de cada criterio pueden tomar diferentes valores, que se restringen a una lista cerrada de opciones. Hay que tener en cuenta que para obtener la puntuación final de biodiversidad en el marco del proyecto ECO₂FOR será necesario la aplicación y ejecución de los indicadores definidos para todos criterios.

Tras definir los valores de los indicadores seleccionados de los tres criterios descritos, se ha desarrollado la aplicación/calculadora de biodiversidad a modo de ejemplo, en la que se introducen los parámetros del proyecto de absorción a evaluar para poder obtener la calificación de biodiversidad del mismo. La aplicación consiste en un Excel, donde se incluyen los distintos indicadores divididos por criterios, ya sean los indicadores *ex ante*, *ex post* o ambos. Bajo el total de criterios, algunos indicadores podrán ser evaluados antes de la implantación del proyecto (*ex ante*); otros indicadores únicamente podrán ser evaluados tras la aplicación del proyecto (*ex post*); o incluso, antes y después de la ejecución del proyecto. Esta aplicación está desarrollada de manera que para cada indicador se abra una lista desplegable en que el usuario que quiere evaluar el proyecto de absorción deberá seleccionar aquella que se corresponda con la situación del mismo.

Antes del empleo de la aplicación, los evaluadores han de proceder al cálculo previo de cada uno de los indicadores propuestos. A continuación, y de forma automática, tras seleccionar el valor del indicador en función de la opción desplegable propuesta, la aplicación calcula, de forma preliminar, su valor convertido cualitativo en tres categorías: bueno, regular o pobre. Esta aplicación también tendrá en cuenta aquellos indicadores seleccionados como “no aplica” o “no se ha evaluado” para establecer la puntuación final global. Tras obtener la calificación de cada indicador, se realizará el cálculo de puntuación final en función de la agrupación en tres categorías de forma ponderada estableciendo mayores o menores pesos en función de la importancia de este sobre la biodiversidad final del proyecto.

3.4. Ejemplo práctico de aplicación de la metodología

Por último, para una mejor exposición práctica de la aplicación elaborada se realiza la valoración de biodiversidad de un proyecto real presentado al MITECO a través de la OECC. Por razones de confidencialidad de datos únicamente puede describirse la siguiente indicación del proyecto:

- Título: *Proyecto de Absorción de CO₂*.
- Ubicación: provincia de Soria.
- Objetivo: Establecer una masa de *Pinus sylvestris* y *Pinus nigra* con función principalmente protectora.

Los distintos indicadores se han ido rellinando, siguiendo el documento de guía. Para este ejemplo, únicamente se desarrollará la aplicación para los criterios seleccionados de este trabajo.

4. Resultados

4.1. Indicadores

a) Criterio 1. Vulnerabilidad frente al cambio climático. Tanto para el índice de termicidad como para el índice de aridez, se ha elaborado la cartografía, que representa la diferencia en el índice de termicidad entre el momento proyectado (2071 – 2100) y el momento histórico (1971 – 2000) (Figura 1 y Figura 2). De esta forma, se definen cuáles serán las regiones de la Península más afectadas por el aumento de la temperatura y por el incremento de aridez. Estos indicadores ofrecen puntuaciones de biodiversidad *ex ante* y su valoración cualitativa sigue el siguiente criterio: las mejores puntuaciones se obtendrán para los proyectos de absorción ubicados en las regiones donde se estime un mayor incremento de estos índices (Tabla 1).

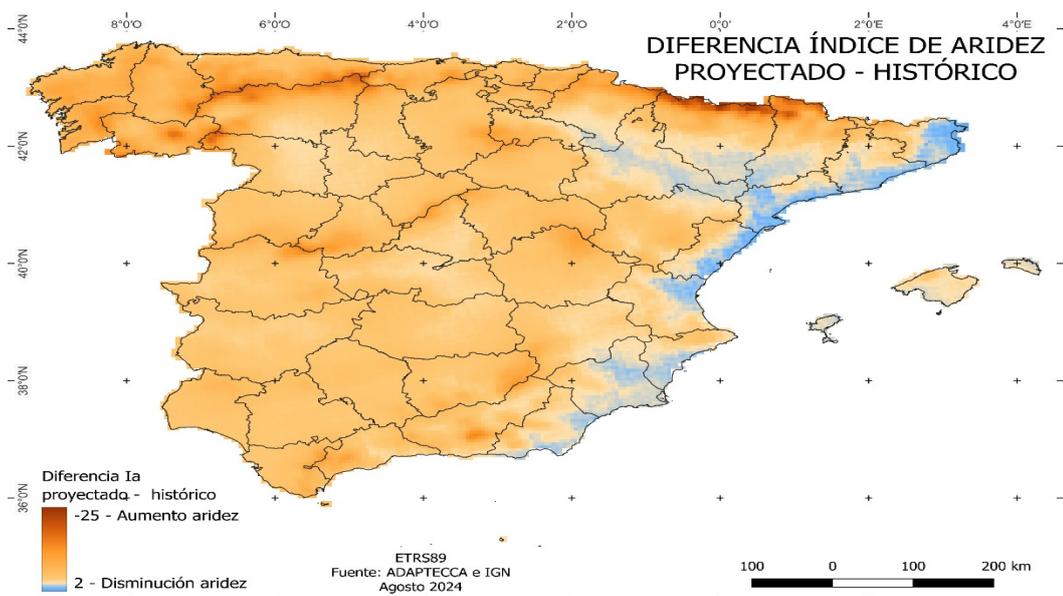


Figura 1. Mapa de la diferencia entre el índice de aridez de de Martonne proyectado y el histórico.

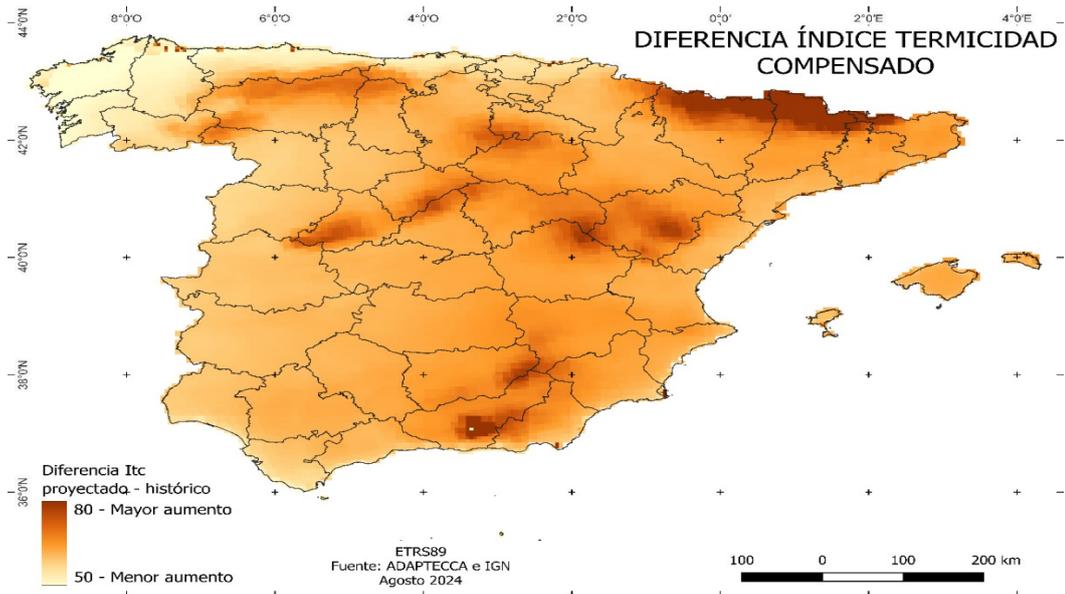


Figura 2. Mapa de la diferencia entre el índice de termicidad compensado de Rivas-Martínez proyectado y el histórico.

Tabla 1. Valoración cualitativa de los índices de aridez y termicidad

Índice de aridez	Índice de termicidad	Valoración cualitativa
> 1	> 66	Bueno
-1 - 1	42 - 66	Regular
< - 1	< 42	Pobre

En la actualidad se está trabajando en el desarrollo de un visor a partir del cual se puedan obtener de forma directa los valores calculados de los índices para cada región, sin tener que realizar el cálculo de forma individualizada.

b) Criterio 2: Figuras de protección. A partir del listado de la UICN y considerando la legislación estatal y autonómica, se ha elaborado la Tabla 2, en la que aparecen vinculadas las figuras de protección estatales y autonómicas con las categorías establecidas por la UICN. Esta trasposición de las categorías UICN a la legislación española se emplea como indicador para este criterio.

Tabla 2. Categorías estatales y autonómicas según la clasificación de la Unión Internacional Conservación de la Naturaleza

Categoría UICN	Estatales	Presencia	Autonómicas	Presencia en las CCAA
I	-	-	Reserva Natural Integral	AR, AS, IC, CA, GA, IB, NA



			Microrreserva	CLM, LR
II	Parque Nacional	Todas las CCAA	Parque Natural	AN, AR, AS, IC, CAN, CYL, CLM, EU, EX, GA, IB, LR, NA
			Humedal	GA
III	Monumento Natural	Todas las CCAA	-	-
IV	Reserva Natural	Todas las CCAA	Reserva Natural (o Especial)	AN, AR, AS, IC, CAN, CLM, CA, EU, EX, GA, IB, LR, MA, MU, NA
			Reserva Fluvial	CLM
			Sitio de Interés Científico	IC, EX
V	Paisaje Protegido	Todas las CCAA	Área Natural Singular	LR
			Enclave Natural	NA
			Paraje Natural	AN, CLM, CA, IB, CV
V/VI	-	-	Área Natural	CAN, NA
			Parque Periurbano	AN, EX
			Parque Regional	CYL, CA, MA, MU
			Parque Rural	IC
Glosario: CCAA: Comunidades Autónomas; AN: Andalucía; AR: Aragón; AS: Principado de Asturias; CA: Cataluña; CAN: Cantabria; CLM: Castilla-La Mancha; CV: Comunidad Valenciana; CYL: Castilla y León; EU: País Vasco o Euskadi; EX: Extremadura; GA: Galicia; IB: Illes Balears; IC: Canarias; LR: La Rioja; MA: Comunidad de Madrid; MU: Región de Murcia; NA: Comunidad Foral de Navarra.				

Este indicador, a priori, ofrecerá valores *ex ante*, ya que únicamente está vinculado a la ubicación en la que se desarrollará el proyecto de absorción. La valoración cualitativa de este criterio se desarrolla de acuerdo con el grado de protección ofrecido por las 6 categorías (Tabla 3):

Tabla 3. Valoración cualitativa para las figuras de protección

Categoría UICN (MITECO, 2022a)	Valoración cualitativa
I - Reserva natural estricta y área silvestre	Bueno
II - Parque nacional	
III - Monumento o característica natural	
IV - Área de Gestión de hábitat o especie	Regular
V - Paisaje terrestre o marino protegido	Pobre
V/VI - Usos mixtos con limitaciones	
Sin figura de protección	No aplica

c) Criterio 6: erosión y desertificación. Como ya se ha indicado, la erosión se evalúa a partir del mapa de estados erosivos (MAPAMA, 2017) (Figura 3). Ese mapa y su información adjunta permite definir 7 clases de erosión, según pérdidas de suelo en toneladas por hectárea y año (t/ha·año).

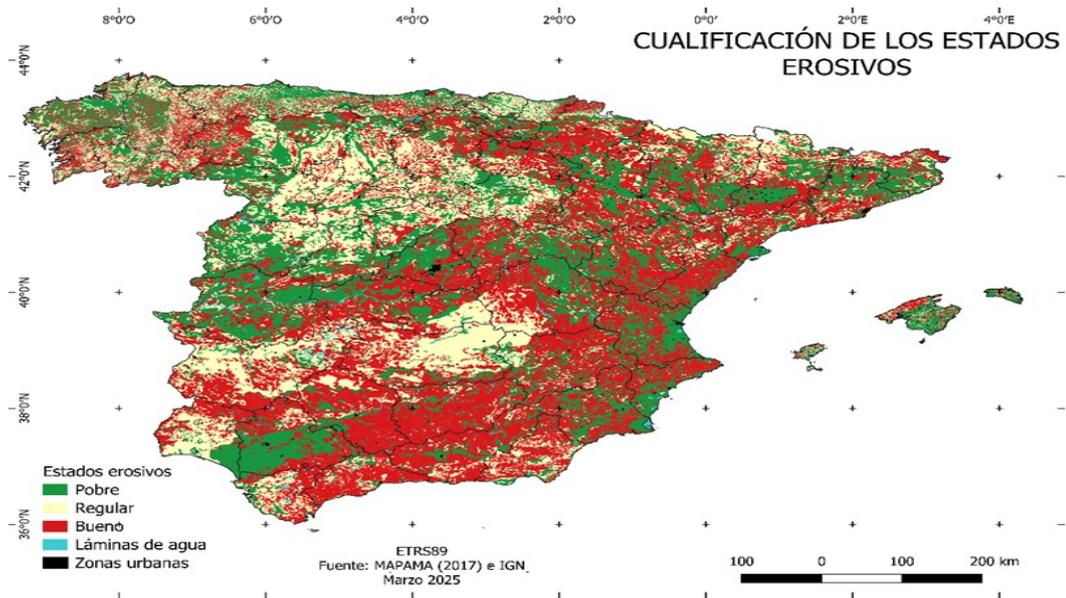


Figura 3. Mapa de cualificación de estados erosivos.

De esta forma, se realiza una reclasificación de estas clases para obtener una transformación cualitativa en bueno, regular y pobre. Los proyectos de absorción de CO₂ desarrollados en ubicaciones o regiones con tasas de pérdida de suelos más elevadas tendrán mejores puntuaciones, dado el efecto protector que van a ejercer sobre la superficie del suelo. El criterio de puntuación *ex ante* aparece en la Tabla 4.

Tabla 4. Valoración cualitativa para la erosión

Niveles de erosión (t/ha·año) (MAPAMA, 2017).	Valoración cualitativa
0-5	Pobre
5-12	Regular
12-25	Bueno
25-50	
50-100	
100-200	
>200	

Para la puntuación de la desertificación se emplea el mapa de riesgo de desertificación (MARM, 2008). En este mapa y en su información adjunta se definen tres niveles de riesgo de desertificación: muy alto, alto, medio y bajo. A partir de este criterio, se ha realizado la siguiente agrupación para poder realizar una valoración adecuada, entendiendo que los proyectos desarrollados en ubicaciones mayor riesgo de desertificación deberán ser favorecidos, puesto que su implantación reduciría los efectos de este fenómeno:

- Riesgo muy alto y alto será valorado como bueno.
- Riesgo medio como regular.
- Riesgo bajo como pobre.



4.2. Aplicación de la metodología

Una vez ejemplificada la puntuación para los indicadores y criterios seleccionados, a continuación, se muestra el desarrollo de la aplicación a partir de la interpretación y valoración del ejemplo práctico de aplicación del proyecto ubicado en la provincia de Soria (véase apartado 3.4 del presente documento).

Cada indicador aparece en una fila independiente agrupado por criterios. En este ejemplo se observan 3 columnas (Figura 4): la primera corresponde con el código y nombre descriptivo del indicador; la segunda (y la única modificable por el usuario) permite seleccionar el valor del mismo; la tercera columna, por su lado, muestra la valoración cualitativa de la selección.

CRITERIO I - VULNERABILIDAD		
1.1 Aridez	-1 ≤ la ≤ 1	Regular
1.2 Termicidad	Itc > 66	Bueno
CRITERIO II - FIGURAS DE PROTECCIÓN		
2.1 Figura protección	Sí	Bueno
2.2 Categoría UICN	III	Regular
CRITERIO VI - EROSIÓN Y DESERTIFICACIÓN		
6.2 Pérdida suelo (MAPAMA)	5 > T/ha-año < 12	Regular
6.3 Desertificación	Alto	Bueno

Figura 4. Ejemplo de la estructura de la aplicación (I).

En este sentido, con el objetivo de facilitar el empleo de la aplicación se indica el código del indicador. Además, en la columna de selección del valor se muestra una breve descripción del indicador de forma que sea prácticamente auto explicativo (en la Figura 4 se puede observar el cuadro de diálogo). Asimismo, para facilitar la automatización de la aplicación y evitar errores en la escritura, los valores de los indicadores se rellenan a partir de opciones desplegadas (Figura 5).

CRITERIO I - VULNERABILIDAD		
1.1 Aridez	-1 ≤ la ≤ 1	Regular
1.2 Termicidad	Itc > 66	Bueno
CRITERIO II - FIGURAS DE PROTECCIÓN		
2.1 Figura protección	Sí	Bueno
2.2 Categoría UICN	III	Regular
6.2 Pérdida suelo (MAPAMA)	IV	Regular
6.3 Desertificación	VI	Bueno
	No aplica	

Figura 5. Ejemplo de la estructura de la aplicación (II).

En último lugar, se puede observar cómo la tercera columna asigna un valor cualitativo a cada uno de los indicadores seleccionados, mediante los cuales posteriormente se obtiene la puntuación. Es necesario reseñar que esta valoración no está a la vista de las personas usuarias garantizando así la objetividad a la hora de introducir los valores.

Tras mostrar el uso de la aplicación se introduce a continuación el ejemplo de caso práctico con los valores reales de sus indicadores (Figura 6). Los valores de los indicadores definidos por la ubicación del proyecto son:

- Índice de aridez: -2,954. El valor cualitativo es pobre.
- Índice de termicidad: 58,257. El valor cualitativo es regular.
- Figuras de proyección: no presenta ningún nivel de proyección por lo que el valor cualitativo de este indicador no toma valores.
- Pérdida de suelo: 25-50 t/ha·año. El valor cualitativo es bueno.
- Desertificación: bajo. El valor cualitativo es pobre.

CRITERIO I - VULNERABILIDAD		
1.1 Aridez	$I_a < -1$	Pobre
1.2 Termicidad	$42 \leq I_{tc} \leq 66$	Regular
CRITERIO II - FIGURAS DE PROTECCIÓN		
2.1 Figura protección	No aplica	
2.2 Categoría UICN	No aplica	
CRITERIO VI - EROSIÓN Y DESERTIFICACIÓN		
6.2 Pérdida suelo (MAPAMA)	≥ 12 T/ha·año	Bueno
6.3 Desertificación	Bajo	Pobre

Figura 6. Ejemplo práctico de aplicación.

5. Discusión

Las metodologías de absorción de CO₂ desarrolladas hasta el momento se basan y se limitan a la cuantificación de las absorciones de CO₂ de las especies forestales manejadas en dos intensidades de gestión. Sin embargo, estas absorciones se producen en un contexto ecológico y de gestión en el que entran en juego diferentes funciones y actores, especialmente en un marco de gestión forestal sostenible y gestión forestal mejorada en el que se encuadran muchos de los proyectos actuales (MITECO, 2005; MITECO, 2022c).

Los criterios desarrollados intentan abarcar todo el espectro relacionado con el cambio climático, la diversidad de especies y la gestión forestal, sin abandonar las funciones socioeconómicas de los bosques. Este enfoque busca la transición de la visión monodimensional del bosque como productor de madera y generador de VCU hacia una visión multifuncional (PÉREZ ET AL., 2007).

Respecto al primer criterio de vulnerabilidad frente al cambio climático, las condiciones abióticas influyen de manera directa en el desarrollo de las distintas especies vegetales estando adaptadas a nivel de especie o incluso de organismo a unas condiciones específicas (MOLLES, 2013). El cambio del clima puede provocar que algunas de estas especies no se encuentren dentro de sus nichos ecológicos o que estén en riesgo de fuga de los mismos, por ello, se considera necesario el estudio de las características climatológicas de la zona. El índice de aridez y, más en concreto, su diferencia entre el valor estimado a largo plazo y el histórico muestra el cambio en el nivel de recursos hídricos presentes, vital para la flora (de Martonne, 1926). Por otro lado, el índice de termicidad y su diferencia permite conocer la variación térmica de un lugar indicando aquellos puntos en que el desarrollo de la vegetación actual decaerá (RIVAS-MARTÍNEZ, 1987). Las puntuaciones ofrecidas a partir de la aplicación de la metodología propuesta para el ejemplo práctico para los indicadores de aridez y termicidad son inherentes a la ubicación del proyecto. El valor pobre para el índice de aridez refleja que, en la ubicación del proyecto, el déficit pluviométrico no se verá muy modificado para el año 2100 (la aridez no se verá muy fuertemente incrementada). Por otro lado, el



índice de termicidad ofrece un valor regular, pero con un valor cuantitativo más cercano al límite superior de >66 , que al límite inferior. De esta forma, la temperatura para la ubicación del proyecto se vería moderadamente incrementada para el año 2100, tendencia observada en líneas generales para las ubicaciones de mayor altitud.

Algunos de los indicadores desarrollados para otros criterios han sido establecidos empleando como marco el Reglamento del parlamento europeo y del consejo relativo a la restauración de la naturaleza (REGLAMENTO (UE) 2024/1991). Muchas de las metodologías para definir los indicadores de biodiversidad para los ecosistemas forestales de este reglamento se basan en FOREST EUROPE (2020). Por ello, aunque los indicadores presentados en este documento no aparecen recogidos en el reglamento, se pueden establecer analogías entre FOREST EUROPE (2020) y la metodología aquí desarrollada.

FOREST EUROPE (2020), presenta dentro del criterio para evaluar el mantenimiento, conservación y mejora adecuada de la diversidad biológica en los ecosistemas forestales el indicador bosques protegidos. Las áreas protegidas son uno de los instrumentos más antiguos para conservar la naturaleza y los recursos naturales y constituyen el pilar principal de las leyes de conservación de la naturaleza en toda Europa. Para la creación de este indicador, los países que participan en el informe han de notificar las áreas definidas por las Directrices de evaluación de la Conferencia Ministerial sobre la Protección de los Bosques en Europa (MCPFE) para bosques protegidos y protectores y otras tierras boscosas en Europa (2003) de acuerdo con su objetivo principal: protección de la biodiversidad (Clase 1 de la MCPFE) y protección de paisajes y elementos naturales específicos (Clase 2 de la MCPFE). Para intentar abarcar un espectro de protección más amplio que lo recogido por las clases MCPFE, en el presente documento se ha optado por emplear la cobertura de las figuras de protección españolas a nivel internacional, homologadas al respecto de las categorías internacionales establecidas por la Unión Internacional para la Naturaleza (UICN). La puntuación para este indicador del caso concreto de aplicación también es inherente a la ubicación del proyecto. Para este caso concreto, la ubicación del proyecto no presente ninguna figura de protección estatal o autonómica, por lo que no adquiere valores.

De forma comparativa a lo aquí presentado, FOREST EUROPE (2020) presenta dentro del criterio para evaluar el mantenimiento de la salud y la vitalidad de los bosques el indicador de degradación de tierras forestales. La degradación de las tierras forestales puede entenderse como la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y su complejidad como resultado del uso de la tierra o de otros procesos naturales. En este indicador se especifica que uno de los procesos a evaluar es la erosión y, además, en su definición de zonas forestales gravemente dañadas queda incluida la desertificación. Sin embargo, al incluirse recientemente como nuevo indicador, su metodología no queda definida. Por ello y ante la información ya disponible a nivel nacional para estos dos procesos, la definición de este indicador ha quedado justificada con el Mapa de estados erosivos y el Mapa de riesgo de desertificación. La puntuación para los indicadores de este criterio también es inherente a la ubicación del proyecto. El rango de



pérdida de suelo se encuentra entre los 25-50 t/ha·año, categorizado como una pérdida de suelo suficiente para considerar que la implantación de una masa forestal es una medida de prevención de la erosión, a partir de la instauración de una cubierta vegetal protectora y fijadora de suelos.

Las ubicaciones con valores más elevados para los dos índices son aquellas en las que se predice un mayor aumento de la aridez y de la temperatura y, por tanto, es esperable que sufran una mayor predisposición a verse afectadas negativamente por estos fenómenos climáticos. En definitiva, son zonas más vulnerables frente a los efectos del cambio climático. Reducir la vulnerabilidad de estas regiones a nivel local resulta complicado. Sin embargo, la correcta implantación de una masa forestal es una medida de mitigación compensatoria frente al cambio climático tanto por absorción como por almacenamiento de CO₂. La acumulación de acciones localizadas de mitigación frente al cambio climático ayudar a reducir sus efectos a nivel global.

6. Conclusiones

La definición de indicadores basados en la biodiversidad para los distintos proyectos de absorción de CO₂ es necesaria para poder calificar y evaluar las diferentes alternativas, de manera que se seleccionen aquellas más eficientes y eficaces tanto desde el punto de vista económico como de biodiversidad.

En este trabajo se presentan resultados preliminares para el desarrollo de una aplicación que permitirá la evaluación de los proyectos de absorción de CO₂ a través de una serie de indicadores englobados en los criterios de (1) vulnerabilidad frente al cambio climático, (2) figuras de protección y (3) erosión y desertificación. Los indicadores que se desarrollan en el presente trabajo son los siguientes: índice de aridez e índice de termicidad compensado mediante el empleo de unos visores; presencia de figuras de protección y clasificación IUCN; nivel de erosión de t/ha·año y riesgo de desertificación mediante una serie de mapas.

Se ha escogido un ejemplo de un proyecto real correspondiente a la provincia de Soria que permite, de manera preliminar, conocer que se trata de un proyecto donde los indicadores descritos devuelven el siguiente resultado cualitativo: 1 indicador se define como bueno, 1 indicador queda descrito como regular y 2 indicadores toman el valor de pobre. Así, es posible, en la fase de redacción y elaboración del proyecto, detectar en qué aspectos es necesaria realizar una mejora del mismo y, en la fase de ejecución y seguimiento, comprobar el cumplimiento de los mismos.

En el futuro está previsto completar la aplicación con el resto de los 10 criterios, evaluando de forma holística los proyectos de absorción, basados en aspectos sociales, económicos, ambientales, culturales y económicos agrupados en 10 criterios.



Se destaca la importancia de elaborar una aplicación en el sector que permita mejorar el diseño de proyectos, por una parte, y la valoración de estos por la administración, por otra parte. Para ello, la aplicación completa contará con una puntuación cuantitativa.

7. Agradecimientos

El proyecto ECO₂FOR cuenta con el apoyo de la Fundación Biodiversidad del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR), financiado por la Unión Europea - NextGenerationEU.

8. Bibliografía

ADAPTECCA; 2024. *Visor de escenarios de cambio climático* [en línea] Disponible en: <<https://escenarios.adaptecca.es/>> [consulta: 25 de noviembre de 2024].

ARRIBAS, P.; ABELLÁN, P.; VELASCO, J.; BILTON, D. T.; LOBO, J. M.; MILLÁN, A.; SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D.; 2012. La vulnerabilidad de las especies frente al cambio climático, un reto urgente para la conservación de la biodiversidad. *Ecosistemas* 21(3) 79-84.

DE MARTONNE, E.; 1926. L'indice d'aridité. *Bulletin de l'Association de géographes français* 3(9) 3-5.

DECRETO LEGISLATIVO 1/2015, DE 29 DE JULIO, DEL GOBIERNO DE ARAGÓN, POR EL QUE SE APRUEBA EL TEXTO REFUNDIDO DE LA LEY DE ESPACIOS PROTEGIDOS DE ARAGÓN. *Boletín Oficial de Aragón*, 151, de 6 de agosto de 2015. <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOA-d-2015-90531>

DIRECTIVA 92/43/CEE DEL CONSEJO, DE 21 DE MAYO DE 1992, RELATIVA A LA CONSERVACIÓN DE LOS HÁBITATS NATURALES Y DE LA FAUNA Y FLORA SILVESTRES. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, 206, de 22 de julio de 1992. <http://data.europa.eu/eli/dir/1992/43/2013-07-01>

ECO2FOR; 2024. *Qué es eco2for*. [en línea] Disponible en: <<https://eco2for.com/que-es-eco2for/>> [consulta: 15 de enero de 2025].

FOREST EUROPE; 2020. State of Europe's Forests. FOREST EUROPE. Bratislava.



INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPPC); 2014. Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPPC. Ginebra.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPPC); 2021. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. IPPC. Cambridge.

LEY 11/1994, DE 27 DE DICIEMBRE, DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE LA COMUNIDAD VALENCIANA. *Diari Oficial de la Comunitat Valenciana*, 2423, de 9 de enero de 1995. <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/1994/12/27/11/con>

LEY 12/1985, DE 13 DE JUNIO, DE ESPACIOS NATURALES. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, 556, de 28 de junio de 1985. <https://www.boe.es/eli/es-ct/l/1985/06/13/12/con>

LEY 16/1995, DE 4 DE MAYO, FORESTAL Y DE PROTECCIÓN DE LA NATURALEZA DE LA COMUNIDAD DE MADRID. *Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid*, 127, de 30 de mayo de 1995. <https://www.boe.es/eli/es-md/l/1995/05/04/16/con>

LEY 2/1989, DE 18 DE JULIO, POR LA QUE SE APRUEBA EL INVENTARIO DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS DE ANDALUCÍA Y SE ESTABLECEN MEDIDAS ADICIONALES PARA SU PROTECCIÓN. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, 201, de 27 de julio de 1989. <https://www.boe.es/eli/es-an/l/1989/07/18/2/con>

LEY 2/2023, DE 31 DE ENERO, DE BIODIVERSIDAD Y PATRIMONIO NATURAL DE LA RIOJA. *Boletín Oficial de La Rioja*, 27, de 8 de febrero de 2023. <https://www.boe.es/eli/es-ri/l/2023/01/31/2/con>

LEY 4/1992, DE 30 DE JULIO, DE ORDENACIÓN Y PROTECCIÓN DEL TERRITORIO DE LA REGIÓN DE MURCIA. *Boletín Oficial de la Región de Murcia*, 189, de 14 de agosto de 1992. <https://www.boe.es/eli/es-mc/l/1992/07/30/4/con>

LEY 4/2006, DE 19 DE MAYO, DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA DE CANTABRIA. *Boletín Oficial de Cantabria*, 105, de 1 de junio de 2006. <https://www.boe.es/eli/es-cb/l/2006/05/19/4/con>

LEY 4/2015, DE 24 DE MARZO, DEL PATRIMONIO NATURAL DE CASTILLA Y LEÓN. *Boletín Oficial de Castilla y León*, 61, de 30 de marzo de 2015. <https://www.boe.es/eli/es-cl/l/2015/03/24/4/con>

LEY 4/2017, DE 13 DE JULIO, DEL SUELO Y DE LOS ESPACIOS NATURALES



PROTEGIDOS DE CANARIAS. *Boletín Oficial de Canarias*, 138, de 19 de julio de 2017. <https://www.boe.es/eli/es-cn/l/2017/07/13/4/con>

LEY 42/2007, DE 13 DE DICIEMBRE, DEL PATRIMONIO NATURAL Y DE LA BIODIVERSIDAD. *Boletín Oficial del Estado*, 299, de 14 de diciembre de 2007. <https://www.boe.es/eli/es/l/2007/12/13/42/con>

LEY 43/2003, DE 21 DE NOVIEMBRE, DE MONTES. *Boletín Oficial del Estado*, 280, de 22 de noviembre de 2003. <https://www.boe.es/eli/es/l/2003/11/21/43/con>

LEY 5/1991, DE 5 DE ABRIL, DE PROTECCIÓN DE LOS ESPACIOS NATURALES. *Boletín Oficial del Principado de Asturias*, 87, de 17 de abril de 1991. <https://www.boe.es/eli/es-as/l/1991/04/05/5/con>

LEY 5/2005, DE 26 DE MAYO, PARA LA CONSERVACIÓN DE LOS ESPACIOS DE RELEVANCIA AMBIENTAL (LECO). *Boletín Oficial de las Islas Baleares*, 85, de 4 de junio de 2005. <https://www.boe.es/eli/es-ib/l/2005/05/26/5/con>

LEY 5/2019, DE 2 DE AGOSTO, DEL PATRIMONIO NATURAL Y DE LA BIODIVERSIDAD DE GALICIA. *Diario Oficial de Galicia*, 149, de 7 de agosto de 2019. <https://www.boe.es/eli/es-ga/l/2019/08/02/5/con>

LEY 8/1998, DE 26 DE JUNIO, DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA Y DE ESPACIOS NATURALES DE EXTREMADURA. *Diario Oficial de Extremadura*, 86, de 28 de julio de 1998. <https://www.boe.es/eli/es-ex/l/1998/06/26/8/con>

LEY 9/1999, DE 26 DE MAYO, DE CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA. *Diario Oficial de Castilla-La Mancha*, 40, de 12 de junio de 1999. <https://www.boe.es/eli/es-cm/l/1999/05/26/9/con>

LEY 9/2021, DE 25 DE NOVIEMBRE, DE CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO NATURAL DE EUSKADI. *Boletín Oficial del País Vasco*, 246, de 10 de diciembre de 2021. <https://www.boe.es/eli/es-pv/l/2021/11/25/9/con>

LEY FORAL 9/1996, DE 17 DE JUNIO, DE ESPACIOS NATURALES DE NAVARRA. *Boletín Oficial de Navarra*, 78, de 28 de junio de 1996. <https://www.boe.es/eli/es-nc/lf/1996/06/17/9/con>

MAPAMA; 2017. Mapa de estados erosivos. MAPAMA. Madrid.

MARM; 2008. Programa de Acción Nacional contra la Desertificación. MAPAMA. Madrid.



MITECO; 2005. *Gestión Forestal Sostenible*. [en línea] Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/estadisticas/forestal_gestion_sostenible.html> [consulta: 15 de enero de 2025].

MITECO; 2021. *Fondo de Carbono FES-CO2. Proyectos Clima*. [en línea] Disponible en: <<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/fondo-carbono/proyectos-clima/que-es-un-proyecto-clima.html>> [consulta: 15 de enero de 2025].

MITECO; 2022a. Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad Indicador: Espacios Naturales Protegidos por categoría UICN. MAPAMA. Madrid.

MITECO; 2022b. Inventario Nacional de Erosión de Suelos. MAPAMA. Madrid.

MITECO; 2022c. Estrategia Forestal Española horizonte 2050. MITECO. Madrid.

MITECO; 2023. *Metodologías para la estimación de la Reducción de Emisiones de los Proyectos Clima (calculo ex - ante)* [en línea] Disponible en: <<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/fondo-carbono/metodologias.html>> [consulta: 10 de enero de 2025].

MITECO; 2024a. *Comercio de derechos de emisión* [en línea] Disponible en: <<https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/comercio-de-derechos-de-emision/mrva-instalaciones.html>> [consulta: 10 de enero de 2025].

MITECO; 2024b. Información sobre la sección de proyectos de absorción de dióxido de carbono. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. MAPAMA. Madrid.

MOLLES, M. C.; 2013. *Ecología: conceptos y aplicaciones*. McGraw Hill Interamericana de España. Madrid.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (ONU); 2022. *Convención de la Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación*. ONU. Nueva York.

PARMESAN, C.; 2006. Ecological and evolutionary responses to recent climate change. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 37 637-669.

PÉREZ, M. R.; FERNÁNDEZ, C; G.; SAYER, J. A.; 2007. Los servicios ambientales de los bosques. *Ecosistemas* 16(3).

REAL DECRETO 163/2014, DE 14 DE MARZO, POR EL QUE SE CREA EL REGISTRO DE HUELLA DE CARBONO, COMPENSACIÓN Y PROYECTOS DE ABSORCIÓN DE



DIÓXIDO DE CARBONO. *Boletín Oficial del Estado*, 29 de marzo de 2014, núm. 77, pp. 27437 a 27452.

REGLAMENTO (UE) 2024/1991 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, DE 24 DE JUNIO DE 2024, RELATIVO A LA RESTAURACIÓN DE LA NATURALEZA Y POR EL QUE SE MODIFICA EL REGLAMENTO (UE) 2022/869. *Diario Oficial de la Unión Europea, Serie L, de 29 de julio de 2024*. <http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj>

RIVAS-MARTÍNEZ, S.; 1987. Memoria del Mapa de Series de Vegetación de España. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.

SALA, O. E.; CHAPIN, F. S.; ARMESTO J. J.; BERLOW, E.; BLOOMFIELD, J.; DIRZO, R.; HUBER-SANWALD, E.; HUENNEKE, L. F.; JACKSON, R. B.; KINZIG, A.; LEEMANS, R.; LODGE, D. M.; MOONEY, H. A.; OESTERHELD, M.; LEROY POFF, N.; SYKES, M. T.; WALKER, B. H.; WALKER, M.; WALL, D. H.;; 2000. Biodiversity - global biodiversity scenarios for the year 2100. *Science* 287 1770-1774.