



**WetLands
4CLIMATE**

HUMEDALES MEDITERRÁNEOS Y MITIGACIÓN CLIMÁTICA

Manual para incorporar la perspectiva de mitigación climática en la gestión y restauración de humedales

Este manual ha sido elaborado en el marco del proyecto **LIFE Wetlands4Climate**, proyecto europeo apoyado por la Comisión Europea a través del instrumento financiero LIFE, coordinado por Fundación Global Nature y que tiene como socios la Agencia EFE, la Fundación València Clima i Energia y el Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva de la Universitat de València. El proyecto cuenta, además, con el apoyo de la Conselleria de Agricultura Desarrollo Rural, Emergencia Climática y Transición Ecológica de la Generalitat Valenciana, la Regidoria de Conservación de Áreas Naturales y Devesa-Albufera del Ayuntamiento de València, el Ayuntamiento de Torreblanca y Naturgy.

Con el apoyo de



VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Edición

Edición en castellano publicada en 2024

Autores

Carlos Rochera¹, Vanessa Sánchez², Ernesto Aguirre², Alicia Bello², Amanda del Río², Eva Gómez², Antonio Guillem², María López², Laura Mediavilla², David Miguélez², Sonia Monferrer², Daniel Morant¹, Antonio Picazo¹, Javier Ruiz² y Antonio Camacho¹.

¹ *Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva - UVEG*

² *Fundación Global Nature - FGN*

Imagen de portada

Rafael Abuín, FGN

Imágenes

- Fundación Global Nature - FGN: 27, 29, 31, 40, 41, 43, 45, 53, 68, 69, 70, 82 y 84.
- Rafael Abuín: FGN: 7, 13, 32, 73, 74 y 81.
- Bruno Durán: FGN: 6, 8, 9, 14, 15, 19, 20, 46, 49, 50, 51, 55, 58, 61, 62, 64, 66, 73, 76, 77 y 78
- Banco de imágenes: 30, 36, 37, 38, 42, 54 y 79

Maquetación y Diseño

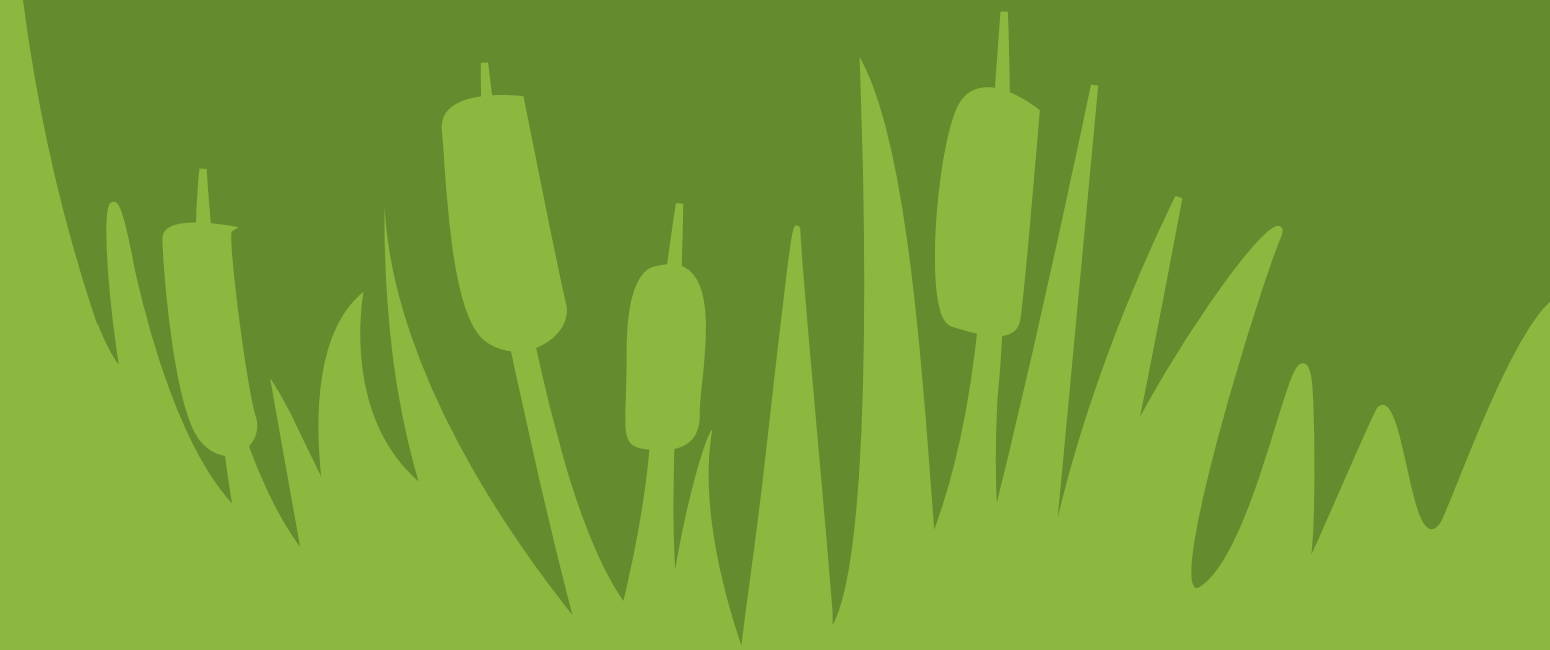
Natalia Martín

Las opiniones y documentación aportadas en esta publicación son de exclusiva responsabilidad del autor o autores de los mismos, y no reflejan necesariamente los puntos de vista de la Comisión Europea.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	05
2. CONCEPTOS BÁSICOS	12
3. ESTRATEGIAS PRÁCTICAS PARA INTEGRAR LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DE HUMEDALES	18
3.1. Evaluación del estado ecológico y de conservación del humedal	19
3.2. Desarrollo de acciones de gestión recurrente y/o restauración para la reducción de emisiones en los humedales	24
3.2.1. Gestión de vegetación	24
• Siegas de helófitos (no de hidrófitos)	26
• Pastoreo controlado	36
• Plantaciones de macrófitos	40
3.2.2. Gestión de suelo	43
• Decapados	43
• Fangueos	48
3.2.3. Gestión hidrológica	53
3.2.4. Resumen de costes de las medidas	58

4. PROCEDIMIENTO PARA VALORAR LA EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES EN TÉRMINOS DE MITIGACIÓN CLIMÁTICA	60
4.1. Definición de los ámbitos espaciales y temporales de actuación	61
4.2. Definición del tipo de humedal y estado ecológico	63
4.3. Cuantificación de la efectividad de las acciones	65
4.4. Desarrollo de un plan de monitoreo	71
5. INTEGRACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN	72
5.1. Políticas y marco legal español	75
5.2. Posibles fuentes de financiación: Mercado Voluntario de Carbono, Registro MITECO	78
6. PASOS CLAVE EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE MITIGACIÓN	80
7. REFERENCIAS	86



1. INTRODUCCIÓN

Esta guía tiene como objetivo proporcionar un enfoque integral para la conservación y gestión de los humedales mediterráneos, incorporando perspectivas climáticas en los métodos de gestión de estos ecosistemas.

¿A quién va dirigida?

La guía está dirigida a todas aquellas personas que, de una u otra forma, tienen que tomar decisiones sobre los planes, programas o proyectos de conservación de estos ecosistemas. Esto incluye desde gestores que buscan integrar la mitigación del cambio climático en sus estrategias de manejo, hasta científicos, entidades que implementen proyectos de restauración, responsables de políticas públicas o cualquier persona interesada en la preservación y gestión de estos ecosistemas únicos.

¿Por qué necesita leerla?

Aquí encontrará una serie de estrategias prácticas para integrar la mitigación del cambio climático en la gestión de los humedales Mediterráneos, manteniendo además su integridad ecológica y sus servicios ecosistémicos.

Estas estrategias se basan en la aplicación de medidas de gestión y/o restauración ecológica en los humedales, así como en la posterior estimación de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero GEI, en términos de CO₂- equivalentes) que de dichas acciones puede derivarse, haciéndose uso para ello de las herramientas de cálculo desarrolladas en el proyecto **LIFE Wetlands4Climate**.

TIPOLOGÍA DE HUMEDALES MEDITERRÁNEOS

El proyecto LIFE Wetlands4Climate, del cual se deriva esta guía, se ha enfocado en tres grandes grupos de humedales mediterráneos: costeros, interiores de agua dulce e interiores salinos.



HUMEDALES
Interiores de agua dulce



HUMEDALES
Costeros



HUMEDALES
Interiores salinos



¿Qué papel tienen los humedales como sumideros de carbono?

Los humedales mediterráneos son uno de los tipos de hábitats más sensibles y amenazados de la Unión Europea. Pese a la importancia de este tipo de ecosistemas, la Convención de Ramsar alerta que durante el último siglo han desaparecido más del 60% de los humedales del planeta. El Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC) reconoce que reducir o eliminar las fuentes de emisión de GEI ya no será suficiente para lograr los objetivos del Acuerdo de París. Si bien el primer paso fundamental ha de ser la reducción drástica de las emisiones de GEI, también se requiere el secuestro de carbono a gran escala en sumideros. Los más populares son los bosques, pero existen otros espacios naturales menos conocidos capaces de fijar grandes cantidades de carbono, como es el caso de los humedales.

Los humedales son zonas terrestres donde el agua cubre su suelo, cerca o por encima de la superficie, o cuyos suelos están saturados durante un periodo lo suficientemente largo como para favorecer los procesos propios de los hidrosuelos, así como el crecimiento de vegetación hidrófila y distintos tipos de actividades biológicas típicas del medio acuático.

Una de las características más destacadas de estos ecosistemas es su biogeoquímica, y, en lo que se refiere al trasiego del carbono; el transporte y la transformación del carbono mediante procesos físicos, químicos y biológicos interrelacionados conlleva grandes flujos de carbono entre estos ecosistemas y la atmósfera. Dada su elevada actividad potencial, el papel que desempeñan los humedales en el ciclo biogeoquímico del carbono puede ser especialmente relevante en un contexto de cambio climático (Lolu et al. 2020). Es precisamente la presencia, temporal o permanente, de agua, lo que impulsa una serie de procesos ecológicos que implican el intercambio de carbono con la atmósfera a unas tasas relativas por unidad de superficie mucho mayores que en otros tipos de ecosistemas. Esto confiere a los humedales una elevada capacidad de actuar como reguladores del cambio climático pese a ocupar, relativamente a otros tipos de ecosistemas, una pequeña superficie a nivel global (Dudgeon et al. 2006). Por ello, los humedales están considerados como uno de los tipos de ecosistemas más activos en cuanto al intercambio de carbono con la atmósfera.



Los mecanismos que regulan el ciclo del carbono en los humedales dependen de múltiples factores, por un lado, los de tipo ambiental y climático, que pueden considerarse como externos, y por otro, de aquellos más intrínsecos del humedal. Entre estos últimos cabe destacar las características ecológicas propias de cada tipo de humedal (**Fennessy et al. 2017; Lu et al. 2017**) y también, aunque de forma más transitoria, su estado de conservación (**Bernal y Mitsch 2012**). Estas características del humedal condicionan la forma y magnitud en la que se produce el intercambio de carbono con la atmósfera y, por tanto, su capacidad de mitigación del cambio climático (**Morant et al. 2020a, b**). Cabe destacar, no obstante, que esta capacidad de mitigación reside tanto en el potencial del humedal para retener carbono, como en su capacidad para que las emisiones se produzcan en formas de GEI que menor potencial de calentamiento generen (**Camacho et al. 2017**). El potencial de calentamiento del metano es en torno a 82,5 veces superior al del dióxido de carbono en un horizonte de 20 años y continúa siendo 29,8 veces superior al cabo de 100 años (**Forster et al. 2021**). Esto significa que una tonelada de metano equivaldría a casi 30 toneladas de CO₂ si se considera su impacto a lo largo de un siglo. Teniendo esto en consideración, parecen por tanto favorables aquellas estrategias, como las planteadas en la presente guía, que busquen mitigar las emisiones de GEI, pero con la adicionalidad de hacerlo favoreciendo igualmente emisiones que tengan el menor potencial de calentamiento posible.



Crean empleo

Capturan Gases de Efecto Invernadero

HUMEDALES, MUCHO MÁS QUE AGUA

Regulan eventos climáticos extremos

Mitigan el cambio climático

Generan turismo

Amortiguan inundaciones

Depuran las aguas naturalmente

Benefician la agricultura y la ganadería

Promueven la pesca y la acuicultura

Limpian el aire

Mantienen la biodiversidad

2



2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LOS HUMEDALES

El aumento en el conocimiento de estos ecosistemas y, sobre todo, la sensibilización de la ciudadanía, han hecho virar a lo largo de las últimas décadas la percepción que nuestra sociedad tiene de las zonas húmedas.

Los beneficios que los sistemas naturales aportan a la humanidad, así como su aprovechamiento, pueden ser valorados en el marco de los llamados servicios ecosistémicos, en una manera de estimar, con perspectiva antrópica, lo que estos ecosistemas ofrecen para el bienestar de la humanidad (**Millenium Ecosystem Assessment 2005; Borja et al. 2012**). A la clásica percepción de abastecimiento de recursos naturales, se le suma la consideración de sus valores culturales, espirituales, o recreativos, como reclamo para la conservación de las zonas naturales. Bajo esta nueva percepción se han diseñado y ejecutado planes de recuperación y restauración, que pretenden no solo restablecer la biodiversidad perdida, sino también devolver el valor cultural y espiritual en zonas con arraigo a estos humedales.

Los llamados servicios ecosistémicos de regulación en los humedales se fundamentan en las características y funciones ecológicas de estos ecosistemas para llevar a cabo, por ejemplo, la purificación del agua y el filtrado de residuos, o la amortiguación natural en inundaciones

y secúas. Pero si hay que destacar un “nuevo” servicio ecosistémico sobre el resto de los ya conocidos, en un contexto de cambio climático como en el que nos encontramos, es el de regulación climática. Las masas de agua no solo suponen un potencial regulador del clima local que viene dado por la inercia térmica dada por el alto calor específico del agua, sino que, como se viene poniendo de manifiesto durante los últimos años, estos ecosistemas son potencialmente capaces de retener grandes cantidades de carbono tomado de la atmósfera, funcionando como sumideros naturales que permiten paliar el auge de las concentraciones de GEI en la atmósfera generado por las actividades antrópicas (Mitsch et al. 2013). Este servicio de mitigación climática puede verse mermado si el estado ecológico del humedal no es favorable (si se encuentra en mal estado de conservación), o bajo medidas de gestión y restauración no adecuadas, en las que se podrían incrementar las emisiones de GEI o producirse estas en forma de gases que generen mayor potencial de calentamiento, como el metano, reduciéndose así la capacidad de mitigación del cambio climático, o incluso revertirse y pasar a un potencial de calentamiento neto.



2.2. BALANCE DE CARBONO: ANÁLISIS DE SU DINÁMICA EN HUMEDALES

La capacidad de intercambio de carbono de los humedales se debe fundamentalmente a la alta actividad biológica desarrollada por los microorganismos que viven en el sustrato del humedal, o en la matriz del agua, así como plantas acuáticas sumergidas y helófitos u otras plantas vasculares emergentes que crecen en la zona de transición entre el agua y el medio terrestre (Figura 1). La producción primaria, y fundamentalmente la que se lleva a cabo mediante la fotosíntesis, por parte de organismos autótrofos, es capaz de asimilar CO_2 desde la atmósfera reduciendo así las concentraciones de GEI carbonados en la atmósfera.

Por otro lado, desde los humedales también se libera carbono en forma de gases que generan efecto invernadero, como el dióxido de carbono (CO_2) o el metano (CH_4) que, de forma natural, salen del sistema debido a los procesos de respiración (degradación) de la materia orgánica. El balance entre las entradas de carbono por la asimilación de los productores primarios, y las salidas de carbono debidas a los consumidores, ofrece una estima del metabolismo del humedal.



Los balances de estos procesos metabólicos son, además, matizados por procesos físicos, tales como los que determinan la difusión de los gases, y químicos, por ejemplo, la precipitación de carbono inorgánico en forma de carbonatos. Estos balances se pueden analizar en unidades de poder de mitigación o calentamiento (GWP por sus siglas en inglés, que se da en términos de equivalentes de CO_2), definiendo la capacidad que tiene el humedal para contribuir a la mitigación del cambio climático, o, en caso contrario, cuando el humedal presente elevadas emisiones de GEI, para contribuir al calentamiento global.

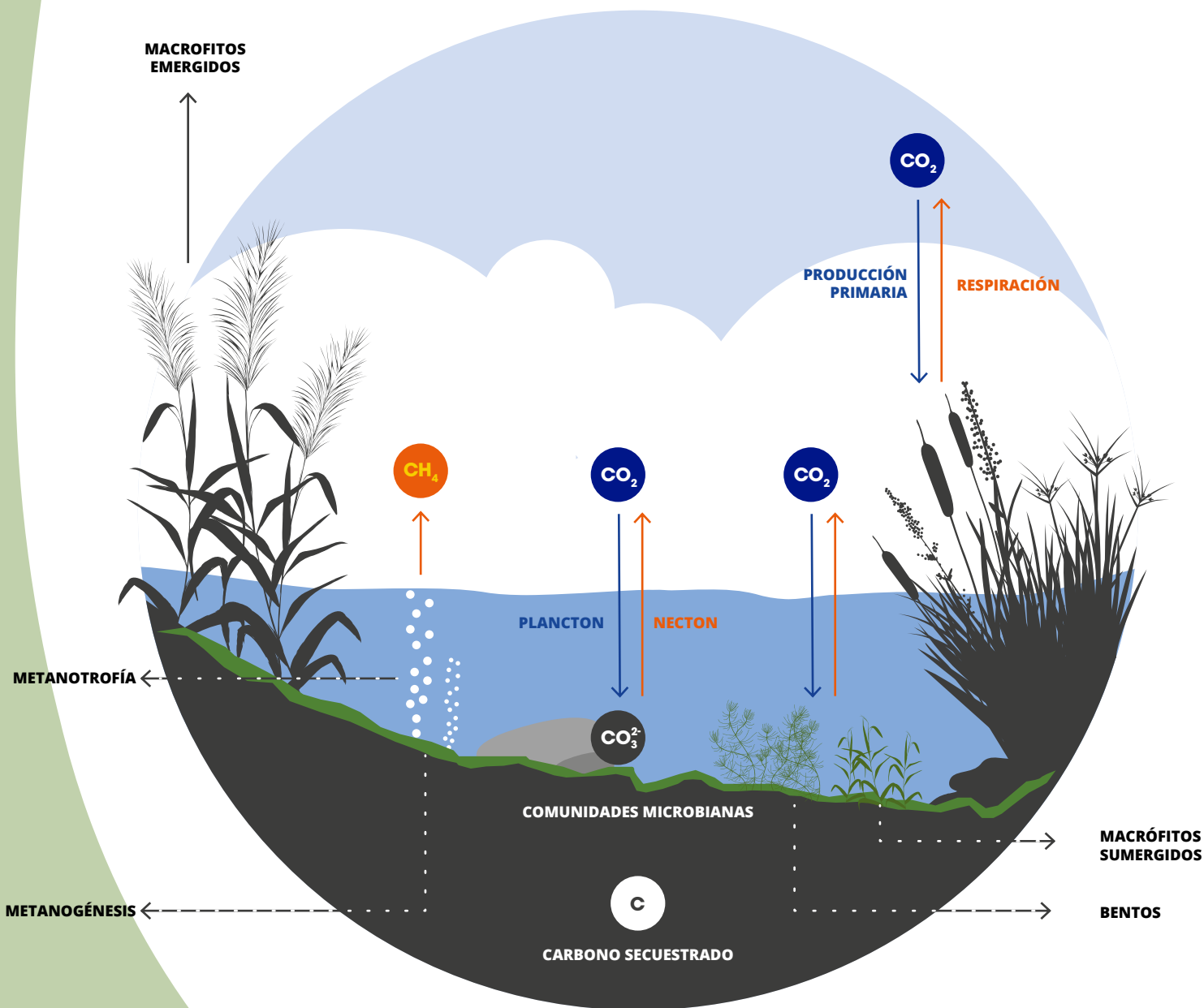


FIGURA 1: Representación esquemática del funcionamiento y procesos del balance metabólico de carbono en humedales mediterráneos. Las flechas azules indicarían las entradas de carbono en el sistema, y las flechas rojas las salidas de carbono. El balance entre entradas y salidas determina la capacidad de secuestro o liberación de carbono y, por tanto, de mitigación o potenciación del calentamiento generada por el humedal. Fuente: elaboración propia.

Cuando se encuentran en buen estado de conservación, la mayoría de los tipos de humedales tienden a actuar como sumideros de carbono y mitigadores, por tanto, del cambio climático, es decir, la captación y fijación de carbono es mayor que la emisión de gases carbonados que generan efecto invernadero a la atmósfera, acumulándose en el suelo la materia orgánica fijada. Esta materia orgánica con alto contenido en carbono queda, por tanto, secuestrada en los suelos orgánicos del humedal.

Sin embargo, las alteraciones en el estado de conservación pueden afectar a este balance, y favorecer las salidas de carbono en detrimento de las entradas, reduciendo la capacidad natural de los humedales para secuestrar carbono, e incluso convertirlos en fuente de emisiones de GEI (Morant et al. 2020a), incluso en formas que generan mayor poder de calentamiento o GWP por unidad de masa que el dióxido de carbono (CO₂), como es el metano (CH₄)

Así pues, los humedales pueden ser claves para ayudar a paliar el desmesurado incremento del efecto invernadero producido por las masivas emisiones antropogénicas de carbono por la quema de combustibles fósiles. Pero una inadecuada gestión o la continuidad de amenazas a su estado de conservación podría incrementar sus emisiones de GEI, y reducir significativamente el servicio ecosistémico de mitigación climática.

3



3. ESTRATEGIAS PRÁCTICAS PARA INTEGRAR LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GESTIÓN Y RESTAURACIÓN DE HUMEDALES

3.1. EVALUACIÓN DEL ESTADO ECOLÓGICO Y DE CONSERVACIÓN DEL HUMEDAL

El primer paso que se debe realizar para establecer una estrategia de manejo y/o restauración que integre la mitigación del cambio climático es evaluar el **estado del humedal**.

En este sentido, es importante destacar que cualquiera de las acciones de gestión y/o restauración que se pongan en marcha para el fortalecimiento del servicio mitigador y la capacidad de retención carbono, no deben comprometer la conservación de las características e integridad ecológicas de los humedales. Por ello, es necesario hacer una evaluación del estado de los humedales en los que se vaya a trabajar, que deberá realizarse siguiendo los criterios establecidos en la legislación relativa a la protección y conservación de estos ecosistemas, mediante indicadores de seguimiento, a partir de los cuales se definan los objetivos de conservación o recuperación.

Las dos principales normas que, en su desarrollo establecen los criterios para evaluar el estado los ecosistemas acuáticos a nivel europeo son la **Directiva Marco del Agua 2000/60/EC** (para el estado ecológico de las masas de agua) y la **Directiva Hábitats 92/43/EEC** (para el estado de conservación de los Tipos de Hábitat de Interés Comunitario).

La **Directiva Marco del Agua** establece el marco jurídico para la actuación comunitaria en el ámbito de la política del agua. En España, esta Directiva se regula mediante el **Real Decreto 817/2015 (BOE, 2015)**, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. De esta manera, la legislación española determina la necesidad de alcanzar un buen **estado ecológico**, en el que se cumplan unas exigencias parametrizadas para garantizar el cumplimiento del buen estado ecológico de un nivel de calidad de la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las masas de agua superficiales.



Para la evaluación del estado ecológico, se establecen una serie de elementos de calidad y otros indicadores cuyos valores deben demostrar bajos niveles de distorsión respecto a las condiciones naturales (no alteradas) de las masas de agua evaluadas. Para las masas de agua de tipo lago, que corresponde a los ecosistemas leníticos (lagos, lagunas y humedales), los elementos de calidad biológica e indicadores recopilados en el **Real Decreto 817/2015 (BOE, 2015)** se agrupan en:

<p>1</p>	<p>Elementos de calidad biológica, cuyos valores correspondientes al tipo de masa de agua muestran poca alteración causada por la actividad humana, desviándose, como mucho, solo ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua en condiciones no perturbadas (valores de referencia):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fitoplancton • Otra flora acuática (macrófitos) • Invertebrados bentónicos
<p>2</p>	<p>Indicadores hidro-morfológicos, deben ser consistentes con el logro de dichos valores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Régimen hidrológico • Morfología
<p>3</p>	<p>Indicadores químicos y físicos-químicos, que deben cumplir con los rangos o límites que garantizan el funcionamiento del ecosistema del tipo específico y el logro de los valores de los elementos de calidad biológicos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Condiciones térmicas • Oxigenación • Salinidad • Estado de nutrientes • Estado de acidificación

Teniendo en consideración este tipo de indicadores, en la tabla 1 se muestra la naturaleza de las principales alteraciones que pueden darse en un humedal, que podrían alterar su estado ecológico, siendo la magnitud de dichas alteraciones lo que determina una degradación del buen estado a otro como moderado o deficiente/malo.

TABLA 1: Principales tipos de alteraciones que alteran el estado ecológico para cada uno de los tipos humedales estudiados.

ESTADO	Principales alteraciones
 <p>Muy Bueno Bueno</p>	<p>Sin alteraciones significativas según las características del tipo</p>
 <p>Moderado</p>	<p>Alteraciones de tipo hidromorfológico</p> <p>Alteraciones de tipo trófico</p> <p>Cambios en la físico-química del agua</p> <p>Combinación de alteraciones</p>
 <p>Pobre Malo</p>	<p>Alteraciones considerables de tipo hidromorfológico</p> <p>Alteraciones considerables de tipo trófico</p> <p>Cambios considerables en la físico-química del agua</p> <p>Combinación de alteraciones</p>

Se recomienda

Seguir los criterios e indicadores establecidos en el Real Decreto 817/2015 (BOE, 2015) para valorar el estado ecológico de partida del humedal y las directrices de la Directiva Hábitats para la evaluación de su estado de conservación

De manera paralela a la evaluación del estado ecológico de las masas de agua, se puede realizar también una evaluación del estado de conservación de la estructura y función de los Hábitats de Interés Comunitario asociados a ecosistemas acuáticos, siguiendo las directrices de la **Directiva Hábitats**. Esta Directiva, tiene como objetivo la protección de los tipos de hábitat naturales y las poblaciones de las especies silvestres. Para ello, se establece la necesidad de evaluar el **estado de conservación** de los hábitats, es decir, el conjunto de influencias que actúan sobre un hábitat natural y sobre las especies típicas asentadas en él y que pueden afectar, a largo plazo, a su distribución, estructura y funciones naturales, así como a la supervivencia de sus especies típicas. Los Hábitats de Interés Comunitario se recogen en el Anexo 1 de dicha Directiva.

Entre los diferentes parámetros que determinan el estado de conservación global, la “Estructura y función” de los hábitats es un elemento clave, cuya evaluación para ecosistemas leníticos (lagos, lagunas y humedales) realizada siguiendo los procedimientos de evaluación de la Directiva Hábitats (**Camacho et al. 2019a**) presenta equivalencias con la evaluación del estado ecológico según la Directiva Marco del Agua. En España, el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) y las Comunidades Autónomas han establecido los protocolos que se deben de seguir para la evaluación de la “Estructura y función” de los ecosistemas leníticos españoles (lago, laguna o humedal) y Tipos de Hábitat relacionados dentro de la evaluación de su estado de conservación (**Camacho et al. 2009, Camacho et al. 2019a**), mediante la estimación del índice ECLECTIC "Estado de Conservación de las Lagunas y humedales Españoles Catalogados: por Tipologías: Indicadores de Conservación". Este índice incluye variables sobre las comunidades biológicas y los factores hidrogeomorfológicos y físicos-químicos, así como sobre su respuesta a las presiones e impactos experimentados por el hábitat a escala local (**Camacho et al. 2019b**), variables indicadoras de la estructura y funcionalidad del hábitat tipo.

3.2. DESARROLLO DE ACCIONES DE GESTIÓN RECURRENTE Y/O RESTAURACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES EN LOS HUMEDALES.

El proyecto **LIFE Wetlands4Climate**, del cual se deriva esta guía, se ha enfocado en tres grandes grupos de humedales mediterráneos: costeros, interiores de agua dulce e interiores salinos. Cada uno de los grupos tiene asociadas condiciones ecológicas particulares, y albergan diferentes hábitats de interés comunitario, pero comparten estrategias de gestión unificadas en tres categorías: vegetación, suelo, y ciclo hidrológico del humedal.

3.2.1. Gestión de vegetación

Las acciones de gestión de vegetación en los humedales incluidas en este manual son:

A	Siegas de helófitos (no de hidrófitos)
B	Pastoreo controlado
C	Plantaciones de helófitos y macrófitos subacuáticos



Principales resultados obtenidos con la gestión de la vegetación en el proyecto LIFE Wetlands4Climate

Se ha observado que con esta medida se favorece de forma significativa la productividad de la masa vegetal, incrementando con ello la capacidad de sumidero del sistema mediante la fijación de carbono, mientras que la reducción de emisiones estriba en la capacidad regenerativa de los helófitos (rebrotos). Este potencial de mitigación se incrementa cuando el subproducto de la siega (el material vegetal) es aprovechado de forma sostenible, a través del uso secundario de la vegetación segada en explotaciones agroganaderas, bien como forraje o bien como cama para ganado, o una vez triturada como estructurante del suelo o mulching (acolchados), etc.

Por su parte, en las zonas pastoreadas, la mayor productividad de la vegetación para reemplazar a la ramoneada, que es retirada por el ganado, favorece un mayor secuestro de carbono con respecto a aquellas zonas en las que no se realiza esta gestión. En la evaluación realizada no se tomó en cuenta las emisiones producidas por el ganado.

A

Siega de Helófitos

La siega implica cortar la vegetación sobresaliente o más alta en relación con otra. Esta gestión es recurrente en los humedales, repitiéndose al menos una vez por ciclo anual de la vegetación. Puede realizarse con maquinaria agrícola, máquina anfibia o métodos manuales, dependiendo de la profundidad del agua. Los detalles sobre la aplicación de cada una de las tipologías de siegas se describen en los siguientes apartados.

Mitigación del Cambio Climático

La siega de la vegetación helofítica con propósito de mitigación climática debe realizarse a una altura de unos 20-30 cm del suelo y en torno a la mitad del periodo de crecimiento vegetativo (a ser posible en torno al mes de junio). De esa manera, al realizarse durante el periodo de crecimiento, permite incrementar la producción neta de los helófitos, uno de los principales impulsores de la retención de carbono en el balance global de humedales (Morant et al. 2020a). Una mayor producción neta supone una mayor capacidad de retención de carbono, que, al almacenarse en forma más recalcitrante como se da en buena parte de los tejidos de los helófitos, es de más difícil degradación. A la larga, esto supone un mayor secuestro de carbono por mayor fijación en la planta al estimularse su crecimiento. La gestión de los restos vegetales es también crucial para garantizar la mitigación climática mediante métodos que garanticen su incorporación como componentes del suelo, que funcionan como sumideros, o su uso secundario como alimento (forraje) o cama para ganado, lo que reduce la producción de paja a producir y, por tanto, se reduce la emisión de GEI a la atmósfera al generarse productos que evitan o reducen la huella de carbono de producción de aquellos a los que sustituyen.

Co-beneficios para la Biodiversidad

Las prácticas de siega, ya sea para la mitigación del cambio climático o para promover la biodiversidad, tienen un impacto significativo en los humedales. Ambos enfoques, especialmente cuando se planifican adecuadamente, incrementan temporalmente la superficie de lámina de agua libre, favoreciendo el mantenimiento de Hábitats de Interés Comunitario (HIC), como 3140, 3170*, 1410, 1150*, 7210*, y haciendo posible que, humedales con vegetación densa y monoespecífica (como los carrizos o enneas) se diversifiquen y prosperen en ellos otras especies o comunidades vegetales, como las praderas de macrófitos sumergidos (Jubete et al. 2006). Cuando las zonas segadas se inundan de nuevo, se generan extensas áreas de limos que incrementan la disponibilidad de recursos alimenticios, como rizomas y tubérculos, que aves acuáticas como anátidas, espátulas, grullas y limícolas, utilizan activamente como áreas de alimentación. Este escenario perdura hasta que la vegetación vuelve a crecer y pueden volver a ser ocupadas por otras especies de aves reproductoras, como paseriformes palustres o rálidos, que requieren de estos espacios como lugar de nidificación.



Consideraciones socioeconómicas

Las consideraciones socioeconómicas varían dependiendo del método de siega empleado según se realice de forma manual, con máquina anfibia o con tractor. Cada enfoque conlleva distintos costes, implicaciones laborales y potenciales beneficios para los actores locales. Por lo tanto, es fundamental evaluar cada opción en el contexto específico de la gestión de humedales.



Siega de vegetación helófitica con uso de maquinaria agrícola

Esta tipología de siega se implementa en humedales con cierta temporalidad, lo que permite su aplicación durante la desecación estival. Se trata de siegas de vegetación palustre/lacustre, como cárices (*Carex divisa*), junquillos (*Eleocharis palustris*), juncos (*Juncus* spp. y *Schoenoplectus lacustris*), castañuelas (*Bolboschoenus maritimus*), carrizo (*Phragmites australis*) y eneas (*Typha domingensis* y *Typha latifolia*), utilizando maquinaria agrícola. Las siegas de este tipo se realizan preferentemente en torno al mes de junio, cuando la vegetación aún no se ha secado tras el periodo estival, momento en el que el suelo está suficientemente seco como para que la maquinaria pueda realizar las labores pertinentes, sin provocar ningún impacto negativo en el terreno. Tras el proceso de la siega, se retiran los restos vegetales y se procede a su triturado y/o empacado y posterior uso con fines agrarios o ganaderos. Una vez segados y empacados, los restos vegetales deberán obligatoriamente retirarse del humedal (para evitar la acumulación de restos vegetales que pudiera generar emisiones de GEI y la colmatación de la cubeta) y darles obligatoriamente un uso secundario en explotaciones agroganaderas. También debe realizarse de manera controlada para evitar perjuicios a la biota, por ejemplo, a las especies de aves nidificantes más sensibles y amenazadas. La producción de vegetación tras la siega en estos ecosistemas suele ser muy alta y por tanto los periodos de siega deberán ser anuales.



CONSIDERACIONES SOCIOECONÓMICAS: las siegas de vegetación helófitica con uso de maquinaria agrícola en parcelas lagunares han sido tradicionalmente requeridas por ganaderías locales con el interés de darle un uso a los restos vegetales, bien como forraje o bien como cama para el ganado; aunque el abandono de la actividad ganadera tradicional puede hacer desaparecer esos usos. No obstante, dado el aumento de los precios de los forrajes, por la escasez de lluvias y el incremento de los precios de los fertilizantes y de los combustibles, puede interesar al sector agrario local poner en valor estos subproductos de proximidad. Hay que tener en cuenta que el abandono de usos tradicionales conllevaría que la gestión de la vegetación helófitica se traslade a las administraciones gestoras de los humedales, suponiendo un coste añadido en la gestión que éstas realizan.

El coste medio de la hectárea segada con tractor (estimado durante la realización de esta acción en los tres años de ejecución, 2021-2023, del proyecto **LIFE Wetlands4Climate**, en los humedales piloto de Castilla y León), incluyendo los gastos de gestión, se estima **en torno a 250€** por cada hectárea segada en cada evento de siega, pero se debe tener en cuenta que estos costes podrían variar en función de la inflación, del coste de los combustibles y de otros factores. Esta acción se desarrolla, bien de manera regular, anualmente, en torno al mes de junio, en la misma zona o bien con una periodicidad previamente establecida por los gestores del humedal. Es recomendable establecer un plan de gestión de la vegetación y más específicamente de siegas, para así rotar o repetir las zonas de siega según las necesidades de conservación de cada humedal.



Siega manual de vegetación helofítica

La siega manual se implementa en humedales donde el hidroperíodo es tan irregular como para no permitir el uso de máquinas anfibas por falta de una lámina de agua suficientemente profunda, ni tampoco el uso de maquinaria agrícola porque el suelo queda parcialmente encharcado o mal drenado y supondría un alto impacto en la estabilidad del suelo de la laguna y sus zonas periféricas. Las tareas de siega se realizan con una cuadrilla de trabajadores que utilizan maquinaria manual, como desbrozadoras, para realizar la siega de helófitos, mientras otro equipo procede a retirarla para su uso secundario. La siega manual tiene como ventaja una mayor precisión en la selección de las superficies a segar, pudiéndose favorecer la creación de parches sin segar y por tanto una mayor diversificación del hábitat.

CONSIDERACIONES SOCIOECONÓMICAS: al requerirse más personal y mayores periodos de tiempo para su ejecución, esta forma de siega resulta más costosa que las siegas con maquinaria. El coste medio de siega manual **está en torno a 4.000 €/ha** por evento de siega (estimaciones realizadas durante la ejecución del proyecto **LIFE Wetlands4Climate**, 2022-2023). Se debe establecer, junto con los gestores del humedal un plan de gestión de la vegetación y más específicamente de siegas para rotar o repetir las zonas de siega, con la periodicidad adecuada y según las necesidades de conservación de cada humedal.



Siega de vegetación helófitica con máquina anfibia

Este procedimiento de siega se aplica en los humedales costeros o marjales que mantienen una lámina permanente de agua. Para ello se emplea una máquina segadora anfibia que permite la siega cuando la lámina de agua tiene una profundidad de entre 60 y 120 cm; además, si se cambia el apero también permite la retirada de la vegetación segada de la cubeta lagunar. El operador que maneja esta maquinaria debe contar con conocimientos especializados tanto de manejo como del medio físico (en cuanto a especies de vegetación presentes), para realizar la siega de manera selectiva evitando daños colaterales a la biota.

El tiempo de trabajo de la siega y acopio de restos de siega en las márgenes cercanas se estima en 6 días por cada hectárea de carrizo con una densidad de ocupación superficial de entre el 60 y 75%, y de 7 días en el caso de densidades superiores. La máquina siega la vegetación por debajo de la lámina de agua, mediante una cuchilla de sierra que corta la parte aérea de la planta dejando el rizoma para favorecer de nuevo su crecimiento. Toda esta vegetación segada debe ser obligatoriamente recogida posteriormente con otro apero y depositada en la orilla más cercana a la zona de siega. De nuevo estos restos vegetales deberán, por tanto, retirarse del humedal para evitar la acumulación y colmatación de la cubeta y darle un uso secundario en explotaciones agroganaderas.



Respecto a la frecuencia para implementar esta medida de gestión es recomendable planificarla en base a las tasas de renovación de la vegetación helofítica en los diferentes humedales. Tras la experiencia comprobada a través del **LIFE Wetlands4Climate**, estas tasas de renovación de la vegetación helofítica pueden variar, por ejemplo, en el caso de la Marjal dels Moros, las tasas de renovación son bajas y por tanto la recomendación es implementar este tipo de siega con máquina anfibia cada dos años. Sin embargo, en humedales como la Marjal de Pego-Oliva, con altas tasas de renovación, es recomendable realizar las siegas anualmente.

CONSIDERACIONES SOCIOECONÓMICAS: la ejecución de este tipo de acción repercute en diferentes grupos de interés o actores locales, como personas dedicadas al sector agrario, que pueden beneficiarse del uso secundario de los restos de siega, que perciben de manera gratuita, haciéndose cargo del transporte de esta. Si las acciones de siega se realizan a mayor escala y de forma continuada en los humedales podría plantearse la comercialización de los diferentes subproductos obtenidos (derivados del aprovechamiento de los restos vegetales) como vía para obtener recursos económicos para la gestión del humedal.

En función del aprovechamiento final de los restos vegetales extraídos se estiman los siguientes costes:

• El **coste total por hectárea de "siega con máquina anfibia y retirada de la vegetación segada para su aprovechamiento en usos ganaderos"** supone un coste aproximado, incluyendo gastos de coordinación (planificación y coordinación de las tareas y adquisición de materiales fungibles) en torno a **2.500 €/ha*** por cada evento de siega.

• El coste total por hectárea de la **"siega con máquina anfibia y triturado de los restos vegetales para uso secundario como acolchado o estructurante de suelos agrarios"** supone un coste aproximado, incluyendo gastos de coordinación (planificación y coordinación de las tareas y adquisición de materiales fungibles) y triturado de la vegetación segada de en torno a **3.000 €/ha*** por cada evento de siega.

** Estimaciones realizadas durante la ejecución del proyecto LIFE Wetlands4Climate, 2020-2023.*

Uso secundario de los restos vegetales extraídos tras las siegas

En todas las prácticas de siega de helófitos, los restos vegetales extraídos deben obligatoriamente ser utilizados para un uso secundario, de manera que se favorezca un efecto neto en la reducción de emisiones no sólo en el humedal sino también reduciendo las emisiones al evitar aquellas asociadas a los productos a los que los materiales extraídos del humedal sustituyen. Las posibilidades son diversas, se exponen a continuación los usos secundarios testados en el proyecto LIFE Wetlands4Climate:

A

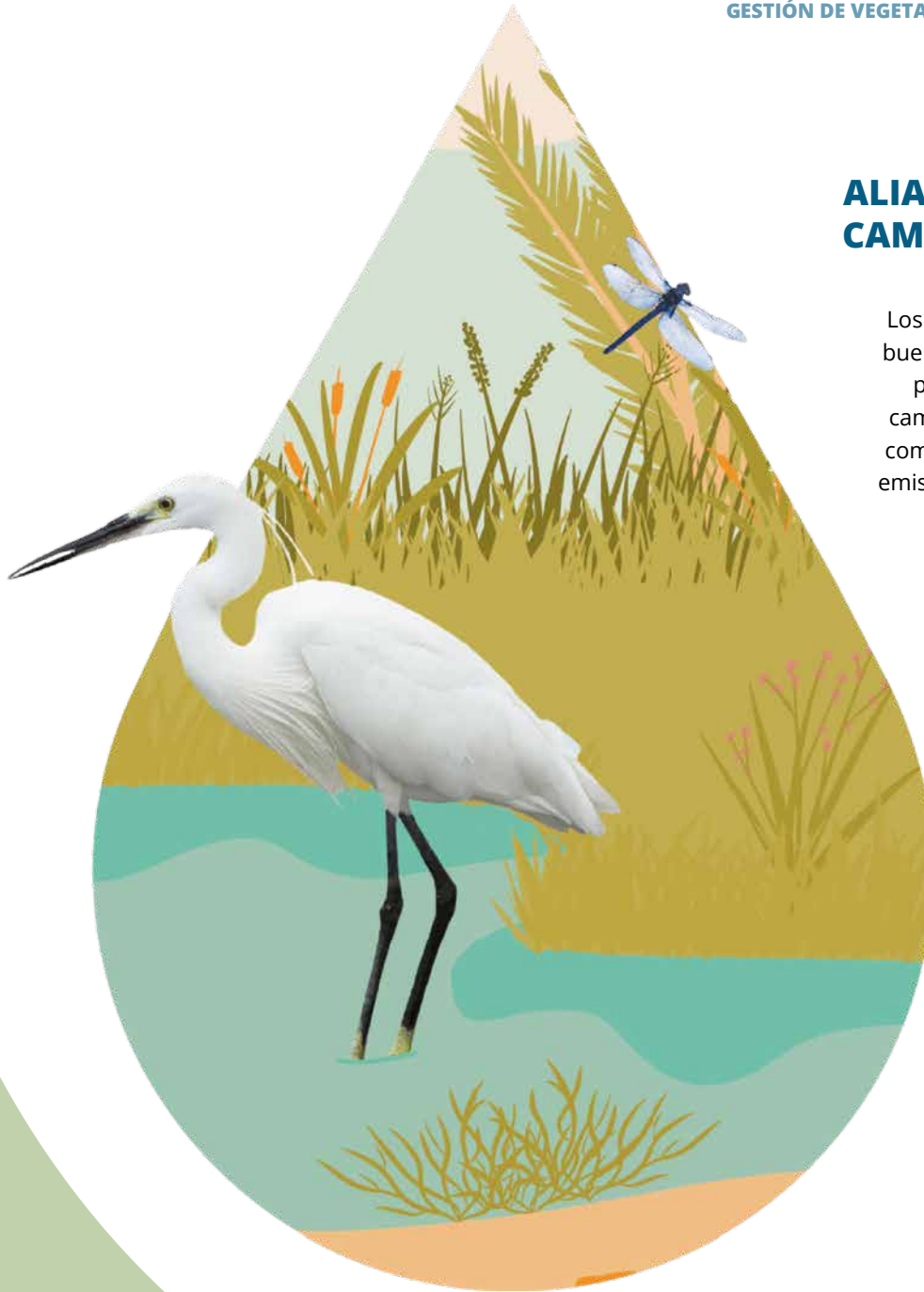
Usos agrarios: en este caso es recomendable que los restos vegetales sean triturados, tras lo cual podrán ser utilizados como fertilizante como abono de origen orgánico que sustituye fertilizantes de origen mineral (Thesiger 1964.; Kim et al. 2018), con la consiguiente reducción de emisiones de GEI al evitarse las emisiones debidas a los fertilizantes a los que sustituyen. El compostaje es un proceso biológico aerobio (con presencia de oxígeno) que, bajo condiciones de ventilación, humedad y temperatura controladas, transforma los residuos orgánicos degradables en un material estable e higienizado llamado compost, que se puede utilizar como enmienda orgánica (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f.) También pueden ser utilizados para el acolchado (mulching, en inglés) cumpliendo dos funciones: protección de cultivos y retención de humedad, ahorrando consumo de agua (Ma et al. 2024) y disminuyendo tratamientos fitosanitarios, ya que el extendido del acolchado entre las calles de los cultivos cubre el suelo y evita el crecimiento de hierbas adventicias (“malas hierbas”) (Schäfer et al. 2002; Mairata et al. 2023).

B

Usos ganaderos: bien como forraje (alimento) o bien como cama para el ganado. Los restos vegetales deben dejarse secar para ser empacados posteriormente y ser transportados hasta las explotaciones. En función del tipo de vegetación segada puede ser necesario realizar un triturado previo, especialmente para carrizo y enea de alto porte. En ambos casos se evita la adquisición de paquetes de paja de cereal, con la consiguiente reducción de emisiones de GEI. Las materias primas para piensos tienen una huella climática durante su ciclo de vida completo, incluyendo los coeficientes de carbono correspondientes a los subproductos (pacas de paja) que pueden calcularse con herramientas digitales como CFPAN FeedPrint (Vellinga et al. 2013).

HUMEDALES, ALIADOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Los humedales sanos, con un buen estado de conservación, pueden ayudar a mitigar el cambio climático mediante la compensación del balance de emisiones de los distintos GEI.



B

Pastoreo controlado

El pastoreo por parte de herbívoros para el control de la vegetación helofítica es una herramienta de gestión de vegetación ampliamente utilizada en numerosos espacios naturales (Miguélez 2023). El efecto del pastoreo en los humedales puede ser beneficioso o perjudicial en los procesos de restauración y mantenimiento de estos, y afectar positiva o negativamente a sus comunidades de fauna y flora y a la calidad del agua y del suelo (Reeves y Champion 2004).

De hecho, desde el punto de vista estrictamente de mitigación climática, el pastoreo debe realizarse siempre fuera del vaso lagunar y a una distancia prudencial de éste para evitar la eutrofización, es decir, sólo se puede pastorear la parte más externa del cinturón de helófitos que crece alejada de las orillas y que actúa como filtro. Por este motivo debe existir un enfoque conjunto en las acciones de gestión de un humedal, entre ellas el pastoreo, que permitan armonizar los objetivos de conservación de la biodiversidad y la calidad de las aguas, por ejemplo, los marcados por las Directivas de Aves, Hábitats y Marco del Agua, o los Planes de Gestión de Red Natura 2000 y de otros espacios naturales (Farinós-Celdrán 2014). Así, para la gestión del ganado extensivo se requiere establecer planes de pastoreo, con un control estricto del tipo de ganado y de las densidades de uso, las fechas, el tiempo de permanencia y las áreas de pastoreo en cada tipo de humedal. Atendiendo a cuestiones relativas a cambio climático, es preferible la ganadería ovina y, en principio, se descartaría el uso generalizado para ganadería bovina porque, en términos generales, supondría un aumento de las emisiones de GEI.



Mitigación del Cambio Climático

El pastoreo moderado con ovino, y siempre fuera de las cubetas, incrementa el crecimiento vegetativo de especies vegetales marginales que suelen contar con altas tasas de crecimiento y producción. Es importante controlar el pastoreo para evitar la sobreexplotación que pueda mermar este crecimiento vegetativo.



Co-beneficios para la Biodiversidad

El pastoreo extensivo controlado favorece la mejora de hábitats y de estructura de la vegetación de los humedales ya que se favorecen procesos de diferenciación de estructuras y de fisionomía de la vegetación (Tolhurst 1997; Jubete et al. 2006); generándose hábitats heterogéneos y en mosaico que sirven como zonas de cría, alimentación y refugio a numerosas especies de fauna como aves e invertebrados acuáticos (Schmidt et al. 2005; Jubete et al. 2006; Voslamber y Vulink 2010; Lehtikoinen et al. 2017; Monrós et al. 2018; Vera 2020) y permitiendo el mantenimiento y/o mejora de varios HIC como 1410, 1150*, 6420 y 7210*. El pastoreo controlado fomenta una mayor variedad de especies y comunidades de flora ya que aumenta el consumo de biomasa de plantas, el pisoteo de plantas, incluidas las partes subterráneas y el suelo y la aportación de nutrientes, así como la introducción y dispersión de semillas y otros propágulos (Tanner 1992). El pastoreo también favorece el forrajeo activo de las aves cuando el ganado se encuentra en movimiento (Palomino 2016). Además, se crean microhábitats por el efecto del pisoteo de baja intensidad; frena la colonización masiva de formaciones arbustivas y de vegetación helofítica densa y de alto porte, que ocasiona la homogeneización del humedal; combate la proliferación y/o expansión de especies exóticas invasoras de flora que alteran y homogenizan los hábitats naturales; actúa como cortafuegos naturales al prevenir incendios en masas densas y extensas de vegetación palustre (Miguélez 2023).



Consideraciones socioeconómicas

El pastoreo puede suponer beneficios socioeconómicos añadidos, más allá del que supone la gestión de la vegetación, tales como el mantenimiento de razas ganaderas autóctonas o en riesgo extinción. Se debe disponer de un plan de pastoreo que regule la actividad en los humedales con una planificación estratégica que garantice que la actividad ganadera sea económicamente viable, socialmente aceptable y ambientalmente sostenible. Estos planes deberán adaptarse a las condiciones específicas de cada humedal y definir el tiempo de pastoreo recomendado, la zonificación, y la carga ganadera. Será preciso, además, establecer un seguimiento de estos planes para asegurar su cumplimiento. El coste de establecimiento del plan de pastoreo y su seguimiento deberá ser contemplado en cualquiera de los casos.

Es recomendable, además, establecer en cada caso un pago por servicios ecosistémicos a los ganaderos/as que cumplan con los requisitos que se establezcan en los planes de pastoreo. El importe de estos pagos deberá establecerse teniendo en cuenta los gastos extra que supondría para el sector ganadero el cumplimiento de los planes de pastoreo en cada humedal. Esto implica tener en cuenta las necesidades de inversión en infraestructuras según los requerimientos de cada caso o humedal (pastores eléctricos, mangas sanitarias móviles, salarios de nuevos pastores si es necesario dividir el rebaño para cumplir con la zonificación, cargas ganaderas establecidas, etc...), así como las necesarias compensaciones por traslado de los animales o suplemento de alimento.

C

Plantación de macrófitos

Para la plantación de macrófitos, tanto emergidos (helófitos) como sumergidos (hidrófitos) es crucial utilizar plantas del genotipo de la zona de plantación y así preservar la diversidad genética, asegurar la adaptación a las condiciones del entorno e incrementar, por tanto, su tasa de supervivencia. El número de plantas se determinará en función de la superficie de trabajo.

Mitigación del Cambio Climático

Su desarrollo supone la retención de carbono, que a la larga se traduce en un secuestro neto de carbono por tratarse de material relativamente recalcitrante, sobre todo en las especies de helófitos emergidos (no tanto los hidrófitos).

Los macrófitos sumergidos son indicadores de una buena calidad del agua y promueven su oxigenación que reduce liberación de metano y óxidos de nitrógeno ya que ayuda en la oxidación por parte de los microorganismos de la columna de agua. Además protegen el lecho lagunar de alteraciones que pudieran desencadenar la liberación de carbono acumulado en el suelo.



Co-beneficios para la Biodiversidad

Las plantaciones de macrófitos permiten mejorar la diversidad y estructura de los hábitats en los humedales, promoviendo la recuperación y mantenimiento de especies protegidas y de HIC (como 1150*, 3140, 3150, 3170*, 7210*). Estas plantaciones también pueden servir como refugio para la fauna y como barreras de protección contra perturbaciones, incluyendo inundaciones, incendios o movimientos de tierra causados por obras hídricas.



Consideraciones socioeconómicas

La plantación de macrófitos en humedales una medida agroambiental en el marco de los Planes de Desarrollo Rural del segundo pilar de la PAC. Los propietarios de explotaciones agrarias situadas en el entorno de humedales ubicados en RN2000, catalogados en la lista RAMSAR de humedales de importancia nacional, o catalogados en el Inventario Español de Zonas Húmedas (IEZH), se beneficiarían de esta medida. El coste estimado de la plantación de macrófitos sumergidos es de 2.663 €/ha, considerando los gastos de personal, maquinaria y coordinación (planificación y coordinación de las tareas) (estimaciones realizadas durante la ejecución del proyecto **LIFE Wetlands4Climate** en 2021). Esta acción puede ser parte de la gestión o restauración de humedales y generalmente no requiere gastos de mantenimiento adicionales, ya que las plantas están adaptadas a las condiciones del entorno.



3.2.2. Gestión de suelo

A Decapados

La gestión mediante decapados implica la retirada mecánica de las capas superficiales del suelo cuando presentan un elevado contenido de materia orgánica. Esto puede ayudar a que el suelo recupere su capacidad de secuestro de carbono y hacer que las emisiones de los GEI desde el humedal hacia la atmósfera sean menos nocivas al darse a través de gases con menor capacidad de generación de calentamiento. Para que la acción tenga un efecto neto en la reducción de emisiones, se requiere que el suelo retirado se utilice como enmienda en explotaciones agrarias u otro uso que bloquee el carbono extraído impidiendo su liberación a la atmósfera.

El decapado se lleva a cabo cuando la zona no está inundada. El procedimiento consiste en la retirada de la capa superficial del suelo, que es la que suele contener más materia orgánica, mediante el uso de maquinaria como retroexcavadoras, motoniveladoras o buldóceres. La altura de la capa se determina mediante una medida en el perfil vertical del suelo de los contenidos en materia orgánica, siendo habitualmente los primeros 15-20 centímetros del suelo.



Con el decapado, se elimina no solamente la materia vegetal acumulada, sino también los rizomas de las plantas y el banco de semillas, retardando así su recolonización en aquellas zonas donde no sea deseable su desarrollo por cuestiones de gestión del humedal (por ejemplo, mantenimiento de zonas de agua libre).

En caso de desearse una recolonización rápida, se pueden dejar pequeñas zonas sin decapar intercaladas en la zona decapada, que actúen como banco de semillas o de dispersión de rizomas. Las condiciones del terreno, como humedad, estructura y la topografía, influyen de forma muy notable en la eficacia de esta acción.

Se requiere de maquinaria especializada para retirar y transportar la materia orgánica extraída y, como en los casos anteriores, es necesario que el suelo retirado tenga un uso secundario (por ejemplo, agrícola, como fertilizante en zonas de cultivos aledaños).

Para la realización del decapado de una hectárea, se estima un tiempo de trabajo de unos 4 días, incluyendo el transporte y extendido de la materia orgánica en campos cercanos a la actuación.

En algunos casos, los decapados permiten crear zonas de aguas libres que son ocupados por praderas de hidrófitos que ayudan a la oxigenación de las aguas y al establecimiento de una comunidad de invertebrados más diversa. Además, la retirada de materia orgánica en descomposición y del limo acumulado durante años permite combatir la eutrofización, reducir las emisiones de metano y de óxido de nitrógeno y paliar la colmatación.

Uno de los efectos favorables del decapado es que elimina la fuente misma de la producción de las emisiones al retirar, del humedal, el exceso de materia orgánica. Esto implica que el efecto de mitigación permanezca mientras no se produzca una nueva saturación de la cubeta con nuevo material orgánico.

Es difícil predecir la frecuencia óptima entre decapados, definida por el tiempo en que vuelva a producirse la colmatación, pero por experiencias previas se estima que podría requerirse cada 10 años. Esto depende de las dinámicas específicas del humedal y puede variar si cambian las condiciones que favorecen la deposición de materia orgánica. Por ejemplo, el tiempo en alcanzar la colmatación sería superior si hay vertidos u otros procesos de eutrofización, ya que éstos favorecen la deposición de nueva materia orgánica.

Mitigación del Cambio Climático

La eliminación mediante decapado del exceso de materia orgánica y vegetación en descomposición acumulada a lo largo del tiempo reducirá la carga de carbono orgánico en el suelo, aumentando no sólo la capacidad de captación de nueva materia orgánica, sino también evitando que al retirarse la materia acumulada en el suelo se emita en forma de GEI (Geissen et al. 2013) que, en el caso del metano, resultan más perjudiciales al generar mayor calentamiento. Cabe tener en cuenta que la materia orgánica acumulada es susceptible de ser oxidada (respirada) en condiciones anaerobias con la consiguiente liberación de metano. Además, el uso secundario del suelo decapado, rico en carbono orgánico, tras su aplicación en explotaciones agrícola, supondrá el reemplazo, en parte, de fertilizantes de origen mineral eliminando así las emisiones de GEI asociados a la fabricación de estos productos.



Co-beneficios para la Biodiversidad

Al igual que ocurre con las medidas de gestión de la vegetación el co-beneficio del decapado en el suelo de los humedales permite mejorar la diversidad y la estructura de sus hábitats. En particular, en el ámbito de este proyecto, los decapados, supusieron mejoras en varios HIC como 3140, 1410 y 1510*; permitiendo aumentar la superficie de agua libre que colonizaron praderas de macrófitos, y al mismo tiempo se consiguió frenar el proceso de homogeneización de vegetación helofítica. Esta diversificación de ambientes permite mantener altos valores de biodiversidad de flora y fauna en los humedales. Así, por ejemplo, para las aves acuáticas, al crearse zonas ligeramente más profundas se favorecen especies con un carácter más buceador; y por otro lado como el agua se mantiene más tiempo cuando avanza el estiaje, sirven como zonas de descanso y alimentación de anátidas y limícolas, e incluso sirven como bebederos a las aves esteparias cuando éstos constituyen los únicos lugares con agua. También las zonas removidas y desbrozadas permiten una mayor accesibilidad a las raíces, rizomas y pequeños tubérculos que no se han retirado y que quedan fácilmente disponibles a las aves acuáticas.



Consideraciones socioeconómicas

El coste medio por hectárea de decapado puede variar por varios factores, entre ellos, la zona geográfica, la accesibilidad al humedal, cercanía de las maquinarias al humedal, coste de los insumos, el coste del combustible, etc. En la experiencia obtenida en la ejecución de este proyecto, el coste oscila entre los 10.766,23€/ha (experiencia obtenida en los humedales de Castilla y León, año 2021) y los 23.586,96€/ha (experiencia obtenida en los humedales de Castilla-La Mancha, año 2023). Este coste contempla varios trabajos: desbroce previo de la vegetación si fuese necesario, decapado del suelo (15-20 cm superficiales), transporte a la parcela agrícola de destino y extendido del suelo depositado en ésta, adquisición de materiales fungibles como estacas para la delimitación de las zonas de actuación y los costes de coordinación (contratación asistencia externa, solicitud de permisos pertinentes a las autoridades competentes, visitas de campo, etc.). A pesar del elevado coste, el decapado se considera una acción de restauración con efectos a medio y largo plazo, puesto que es una medida que no necesita de trabajos anuales de mantenimiento. Sus efectos positivos pueden permanecer al menos entre 7 y 10 años después de su ejecución, dependiendo del grado de eutrofización y colmatación al que esté sometido el humedal.

Uso secundario del suelo decapado

El subproducto extraído compuesto de tierra fértil (con alto contenido en materia orgánica), con algunos restos de vegetación y raíces, puede usarse en explotaciones agrícolas como enmienda de suelo o como complemento de la fertilización, o incluso directamente como abono orgánico, en sustitución de parte del abonado mineral que se utilice en la finca donde se aporte este compuesto.

B**Fangueos**

El fangueo es una práctica agrícola tradicionalmente empleada en el cultivo del arroz que implica mezclar los rastrojos y restos de la cosecha anterior con el barro para favorecer la aireación del suelo y la mineralización aerobia de la materia orgánica. Se utiliza para ello un tractor con unas ruedas traseras de hierro conocidas como gavias.

En el ámbito de los humedales, esta técnica se puede utilizar en humedales costeros o marjales del siguiente modo:

1

Previo al fangueo debe retirarse la vegetación. Si la zona tiene una densa cobertura vegetal, se realiza una primera pasada de la maquinaria, con un apero de triturado, que tritura la parte aérea de la planta. Este paso no es necesario cuando el fangueo se realiza en zonas sin vegetación o con muy poca densidad. A continuación, los restos vegetales triturados se amontonan en filas con una hiladora y se empaacan con una empacadora.

2

Para el fangueo se utiliza un tractor con gavias para mezclar y airear los 30-40 primeros centímetros del suelo. Con estas gavias se trituran las raíces de las plantas que, al sufrir numerosos cortes por las ruedas metálicas

Respecto a la frecuencia de implementación de esta acción de gestión del suelo, dado que los fangueos y posterior inundado de las zonas fangueadas permiten ralentizar el crecimiento de la vegetación helofítica, se estima a partir de la experiencia del proyecto **LIFE Wetlands4Climate**, que es necesario realizarlos cada tres años.

Mitigación del Cambio Climático

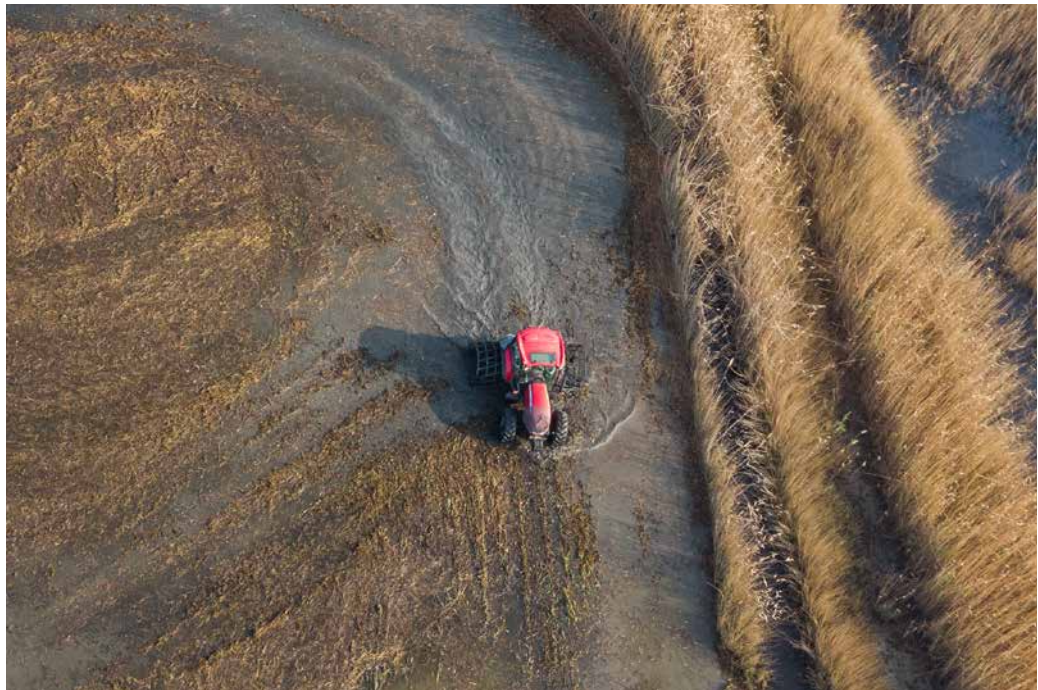
A diferencia de los decapados el fangueo no implica una retirada del suelo, sino su aireación mecánica y consecuente oxigenación.

Con esto se pretende conducir la descomposición de la materia orgánica, que se lleva a cabo in situ al no producirse el decapado, hacia la producción de GEI con menor poder de calentamiento como el CO_2 , que procede principalmente de procesos de respiración aeróbica, en contraposición a la formación de GEI asociados a metabolismos anaerobios, y con un potencial de calentamiento notablemente mayor, como el CH_4 .



Co-beneficios para la Biodiversidad

El fangueo, en el marco de este proyecto, ha contribuido a mejorar los hábitats 1150* y 7210*, al mismo tiempo que se mejora la biodiversidad asociada a todo el conjunto del humedal. Los efectos positivos de los fangueos se han observado en ejecuciones previas de otros proyectos y sus co-beneficios son similares a los obtenidos para los decapados. Así, permitieron crear zonas permanentes de lámina de agua libre en ambientes monoespecíficos de carrizo, que la temporada siguiente era colonizada por praderas de hidrófitos (debido, en parte, a la germinación de esporas y semillas que estaban latentes en las capas inferiores del suelo); o la ocupación como zonas de alimentación de aves acuáticas.



Consideraciones socioeconómicas

Se debe tener en cuenta que esta acción deriva de una práctica agrícola y que, por tanto, la maquinaria no suele estar disponible ni adaptada a zonas de humedal, sino a campos de cultivos trabajados durante años que no conllevan riesgos ni imprevistos. La disposición o no de la maquinaria en la zona de trabajo puede suponer una variación importante en el coste de la acción, ya que, si se necesita transportar la maquinaria, esto puede suponer un incremento del 35% en el coste de la acción (dependiente también de la distancia).

El coste por tanto puede variar entre **1.000€/ha y año** (si se dispone en la zona de trabajo de tractor con gavias y la parcela a fanguear no presenta cobertura vegetal que necesite ser retirada), hasta los **6.000€/ha** (en el caso que se necesite transportar la maquinaria y que la parcela presente una cobertura vegetal que sea necesario retirar antes de pasar las gavias).

Dada esta diferencia, se recomienda que, si se opta por esta acción como una medida de gestión/restauración necesaria para el humedal, se considere la implementación en al menos 3 hectáreas, para que el coste de la acción por hectárea sea menor, tras amortizarse mejor el coste de transporte.





Principales resultados obtenidos con la gestión de suelo en el proyecto Wetlands4Climate mediante fangueo y decapado

Tras el primer mes de realizarse la acción, la emisión de GEI en zonas decapadas/fangueadas, resulta menor que en aquellas zonas donde no se realiza esta gestión del suelo. Es decir que, en el corto plazo, la gestión resulta beneficiosa en cuanto a la mitigación de emisiones. A gran escala, áreas decapadas recientemente presentan menores flujos de CO_2 que áreas decapadas con mayor antigüedad.

Tras la aireación de las capas superficiales del suelo mediante el fangueo se observan variaciones en la composición de la comunidad microbiana que indican un estímulo del metabolismo aerobio, en detrimento de procesos respiratorios anaerobios como por la metanogénesis, lo que concuerda con el descenso de las emisiones de CH_4 con respecto al CO_2 observadas en estos tratamientos.

Al igual que lo señalado para el caso de los restos vegetales obtenidos en las siegas, es imprescindible realizar un uso secundario del suelo con materia orgánica extraída en los decapados en explotaciones agrarias, por ejemplo, como fertilizante, sustituyendo así fertilizantes de origen químico.

3.2.3. Gestión hidrológica

La gestión hidrológica aquí referida principalmente hace mención del control del régimen de inundación natural del humedal, manteniéndolo en su condición de hidropériodo natural, permanente o temporal según sea el caso. Por otra parte, existen humedales que se transformaron en pastizales húmedos para su aprovechamiento ganadero o agrícola. Aquellas zonas abandonadas donde ya no existe este aprovechamiento podrían ser inundadas de nuevo de modo semipermanente para recuperar su uso ambiental.



Mitigación del Cambio Climático

La inundación controlada durante los meses más cálidos puede favorecer el crecimiento de biomasa vegetal, impulsora de la retención de carbono, pero también incrementar las emisiones de metano por la metanogénesis producida en condiciones anaerobias en el suelo, que se ve favorecida por la mayor tasa de activación (exponencial) de la metanogénesis con la temperatura respecto a la producción primaria y la respiración aerobia (Camacho et al. 2017), si bien una columna de agua más profunda puede facilitar también el consumo de metano por metanotrofia, con lo cual el balance de esta actividad sobre la mitigación climática dependerá de los patrones temporales y espaciales de inundación. El grado de humedad del suelo es también relevante en las tasas de emisión de GEI como el CO_2 o el CH_4 . Por otra parte, la regulación del régimen hídrico puede también influir en las características físico-químicas del agua, que están también directamente relacionadas con los procesos de movilización de carbono en el sistema y con la atmósfera. La complejidad de la gestión del agua para maximizar la retención de carbono y reducir las emisiones de gases carbonados de efecto invernadero pasa por el análisis pormenorizado de cada tipo de humedal, considerándose sus características ecológicas, y el estado de conservación como factores determinantes para el balance de carbono.



Co-beneficios para la Biodiversidad

Las mejoras del régimen hidrológico (hidroperíodo y sistema de llenado y vaciado) en los humedales permiten aumentar el periodo y la superficie de inundación, pero siempre tratando de imitar los periodos naturales de inundación-desección. Las acciones de reinundación proporcionan a estos una mayor heterogeneidad, favoreciendo una mayor variedad de hábitats que fomente la biodiversidad en los mismos. Así, se contribuye al mantenimiento del HIC 3170* típico de patrones de inundación temporales, y a la recuperación de otros HIC más estrechamente ligados a condiciones de inundación más largos, como los HIC 1410 y 3140, caracterizadas por albergar praderas sumergidas de carófitos o estar representados por especies de plantas amenazadas. De estos cambios se benefician otras comunidades de fauna como las aves acuáticas que ven ampliado y mejorado las zonas de descanso, alimentación, refugio, dormidero, migración y nidificación.



Consideraciones socioeconómicas

En el caso de no necesitar nuevas obras de canalización para la reinundación de las parcelas, el coste de la acción vendrá dado por la dedicación del personal en la coordinación de las actividades. En este sentido, el coste de la gestión hídrica ascenderá a 115,79€/ha.

Además, se puede tomar de referencia para el coste del agua como recurso, que el pago medio de los regantes por los servicios de agua de riego se estima en 263 €/ha al año, por tanto, el coste medio de la acción de reinundación ascenderá a **378,79€/ha**.

Se puede considerar las inundaciones como una acción recurrente en la gestión de los humedales, por lo que su ejecución se puede prever de forma anual.





Principales resultados obtenidos con relación a la gestión hidrológica en el proyecto LIFE Wetlands4Climate

Las actividades llevadas a cabo han consistido principalmente en observar la variación en el intercambio de gases con la atmósfera a lo largo de gradientes de inundación en las cubetas de los humedales,

- **El nivel de inundación ha demostrado ser un factor clave para explicar los flujos de carbono.** Dada la elevada estacionalidad de los humedales estudiados, este factor constituye un factor de gestión particularmente importante. Diversos factores ambientales que regulan estos flujos, como la actividad de la comunidad autótrofa, los equilibrios químicos del carbono en el agua, el estado de oxidación/reducción de los sedimentos o la salinidad, muestran una gran dependencia en este nivel de inundación.
- **Al considerar conjuntamente los patrones de flujo de CO₂ y CH₄, cabría esperar una estimulación no deseable de las emisiones de carbono en escenarios hidrológicamente estresados.** En este sentido, situaciones por ejemplo como en las que la cubeta se encuentra solo ligeramente encharcada se observa un incremento de las emisiones de GEI, a diferencia de la reducción de dichas emisiones que se observa con una mayor columna de agua.
- **Se observan diferencias significativas en el intercambio de gases en función del tipo de humedal,** de modo que los flujos son más elevados en aquellos más productivos, debido a las características de su cuenca y posición geográfica, como por ejemplo los humedales costeros de agua dulce. Por el contrario, efectos inhibitorios como el de la salinidad, particularmente en la producción de metano, hace que las emisiones, bajo condiciones análogas de conservación, sea comparativamente inferior en sistemas salinos.

3.2.4. Resumen de costes de las medidas

Como resumen, en la Tabla 2 se puede observar los costes asociados a las diferentes acciones descritas:

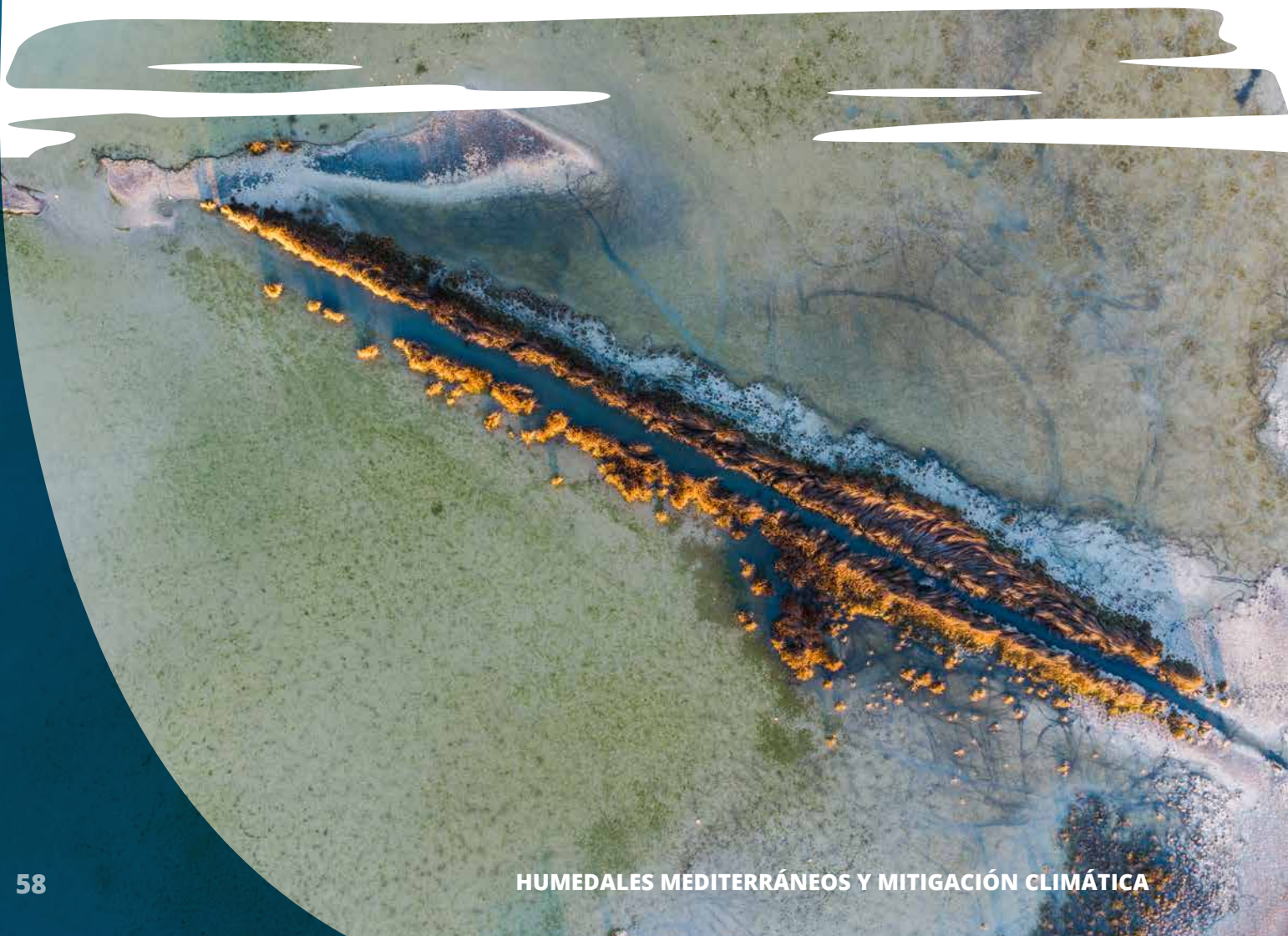


TABLA 2: Resumen de costes asociados a las acciones de gestión/restauración de humedales mediterráneos.

	Acción		Frecuencia de la acción	Coste medio de ejecución por evento (€/ha) ¹	Coste medio anual por acción (€/ha/año)
	Siega con tractor		Anual en humedales de interior de agua dulce, debe definirse con gestores y plan de conservación.	250€	250,00€
Acciones de manejo de la vegetación	Siegas con máquina anfibia	Uso directo de vegetación segada para forraje	Anual/Bienal ²	2.500€	2500€ / 1.250€ ³
		Con triturado		3.000€	3.000€ / 1.500€ ⁴
Acciones de manejo del suelo	Decapados		10 años	10.766,23€ - 23.586,96€	1.076,62€ - 2.358,70€
	Fangueos		Trienal	1.000,00€ - 6.000,00€	333,33€ - 2.000€
Acciones de manejo del agua	Inundación/secado		Anual	378,79€	378,79€

¹ Los costes de ejecución han sido calculados durante los años de ejecución de LIFE Wetlands4Climate 2021-2023. Incluyen costes de mantenimiento (en los casos en que sean necesario) así como costes de coordinación (planificación de tareas, adquisición de materiales fungibles necesarios, contratación de las asistencias externas necesarias, solicitud de permisos pertinentes a las autoridades competentes, visitas de campo, etc.). Téngase en cuenta que estos datos corresponden a cada vez que se realice la acción y que podrían variar en función de la inflación y el coste de los combustibles.

² Dependiendo de las tasas de renovación de la vegetación helofítica, en los humedales donde se vaya a implementar la acción, la siega deberá realizarse de forma anual o bienal

³ En caso de realizarse la siega cada dos años, el coste de la acción de siega con uso directo de la vegetación segada será de 1.250€

⁴ En caso de realizarse la siega cada dos años, el coste de la acción de siega con triturado de la vegetación segada será de 1.500€

4



4. PROCEDIMIENTO PARA VALORAR LA EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES EN TÉRMINOS DE MITIGACIÓN CLIMÁTICA

4.1. DEFINICIÓN DE LOS ÁMBITOS ESPACIALES Y TEMPORALES DE ACTUACIÓN

Los **límites geográficos** se definen por la localización donde se llevarán a cabo las actividades del proyecto, bajo la supervisión de sus participantes. El proponente del proyecto debe suministrar las coordenadas geográficas de los terrenos abarcados por el proyecto para asegurar una delimitación precisa. Esta tarea implica la utilización de datos recopilados de formas diversas: de manera remota, información topográfica, mapas publicados, registros de administración y tenencia de tierras, así como otros documentos oficiales que contribuyan a una delimitación clara de la zona del proyecto.

La fecha de **inicio de un proyecto** que opta a financiarse a través de la venta de bonos de carbono a través de un estándar del mercado voluntario de carbono, no tiene que coincidir necesariamente con el momento en que se da comienzo a las operaciones (acciones de gestión/restauración) del proyecto. La fecha de inicio es un concepto clave empleado para indicar que se han tomado ciertas decisiones sin las cuales no es posible el comienzo de las actividades del proyecto. En particular, la demostración de haber tomado en consideración el cálculo de las emisiones evitadas antes de iniciar el proyecto constituye una de esas decisiones. Esta fecha de inicio debe incluir el compromiso de que los participantes en el proyecto se comprometen a destinar gastos para acometer las acciones del mismo.

La **duración** de una acción en un humedal depende de su naturaleza, ya sea una actividad recurrente como las siegas estacionales, que suelen ser repetitivas, o intervenciones más puntuales, como la restauración mediante decapado del suelo, que son de relativamente corta duración y baja frecuencia de repetición.

El período de acreditación abarca el lapso de tiempo en el cual un proyecto puede solicitar unidades de certificación de la reducción de emisiones de GEI (siendo una unidad igual a una tonelada métrica equivalente de CO² de beneficio neto certificado resultante de una actividad de reducción de las emisiones del suelo) actividades de gestión/restauración de humedales. Bajo el marco regulatorio de la UE CRCF, en fase de aprobación a fecha de redacción de esta metodología (marzo de 2024) los proyectos de reducción de emisiones del suelos (en los que se enmarcará la presente metodología) deberán llevarse a cabo durante al menos 5 años para obtener la certificación de las unidades de reducción de emisiones (**Consejo Europeo, 2024**).

4.2. DEFINICIÓN DEL TIPO DE HUMEDAL Y ESTADO ECOLÓGICO

En el proyecto es esencial definir el **tipo ecológico del humedal**, ya que sus características determinan los procesos biogeoquímicos en el ciclo del carbono y la interacción humedal-atmósfera con los flujos de GEI. El proyecto **LIFE Wetlands4Climate**, del cual se deriva esta guía, se ha enfocado en tres grandes grupos de humedales mediterráneos: **costeros** (C), **interiores de agua dulce** (DI) e **interiores salinos** (S). Estos grupos tienen asociadas condiciones ecológicas de referencia para el sistema de clasificación del estado ecológico particulares, y albergan diferentes hábitats de interés comunitario.

Además de por el tipo de humedal, el intercambio de GEI está también condicionado por el **estado ecológico o de conservación del humedal** sobre el que se pretenda llevar a cabo la acción o el conjunto de ellas. Este estado ecológico permite establecer un marco de referencia con respecto a la capacidad del humedal de retener carbono, ya que se ha demostrado como dicha capacidad de mitigación puede verse comprometida cuando el estado de conservación del humedal no es lo suficientemente buena (**Camacho et al. 2017; Morant et al. 2020a, b**), pudiendo mejorarse esta con su restauración seleccionando las medidas más adecuadas al respecto.

A la hora de determinar el estado ecológico del humedal (Tabla 1), se pueden seguir los protocolos establecidos por la legislación para la evaluación del estado de las masas de agua (**BOE, 2015**), utilizando para ello los indicadores específicos relacionados con la fisicoquímica del agua, la hidromorfología, y, sobre todo, con los elementos de calidad biológicos (fitoplancton, otra flora acuática, e invertebrados bentónicos.). Los límites de cada uno de estos indicadores para clasificar el estado en *“muy bueno, bueno, moderado, pobre y malo”*, se recopilan por tipos de masa de agua (asociados a las características ecológicas pertinentes) en el RD 817/2015 (**BOE, 2015**).

La definición del tipo y estado ecológico del humedal es necesaria para la toma de siguientes decisiones, tanto en lo que respecta a la selección del tipo de acciones que pretenden llevarse a cabo como a la correcta definición del escenario base. Con respecto a la selección de acciones, en aquellas situaciones en las que, por el buen estado de conservación del humedal, no quepa un margen de mejora significativo en su estado ecológico, puede plantearse como

gestión prioritaria aquellas encaminadas al mantenimiento del buen estado ecológico del sistema pero que puedan mejorar aún más su capacidad de mitigación. Por el contrario, en aquellos escenarios con margen de mejora del estado ecológico, y con ello una posible mayor capacidad de secuestro del humedal asociada a su mejora, se podrán plantear medidas tanto de gestión como de restauración de entre las testadas en el proyecto, y que se describen en el apartado 3 del presente documento.

No obstante, para plantearse cualquier proyecto de restauración, resulta necesario que hubiesen cesado todas aquellas presiones conducentes al mal estado de conservación del humedal, por ejemplo, si la degradación del humedal se debe a vertidos de caudales contaminados, no tiene sentido realizar ninguna restauración si no se eliminan esos caudales contaminantes.

El condicionamiento del tipo y estado de conservación del humedal y la selección del *escenario base* guarda relación con el procedimiento de cálculo que se describe en el siguiente apartado.

4.3. CUANTIFICACIÓN DE LA EFECTIVIDAD DE LAS ACCIONES

En esta sección se detalla el método para medir la capacidad de secuestro de carbono en humedales, basado en la experimentación y metodología del proyecto **LIFE Wetlands4Climate**. Las herramientas de cálculo consideran la capacidad de los humedales para retener carbono mediante procesos biogeoquímicos del humedal que interactúan en el trasiego de GEI con la atmósfera, teniendo en cuenta diversos componentes funcionales. La capacidad de un humedal para secuestrar carbono se define por el balance entre los procesos de retención y emisión de GEI.

El incremento de la capacidad de mitigación del cambio climático (reducción del calentamiento) del proyecto se determina, en primer lugar, por la reducción directa en el humedal (término GEI humedal en la ecuación 1) a lo que se suman los beneficios del uso secundario de productos como material vegetal o suelos (término GEI productos en la ecuación 1). No obstante, se deben descontar las emisiones asociadas a la ejecución de acciones de gestión, como las emisiones por el uso de maquinaria (término GEI incremento en la ecuación 1).

En base a lo anterior, el éxito del proyecto en cuanto a la reducción neta de emisiones (mitigación del calentamiento, término GEI proyecto en la ecuación 1) vendrá cuantificado por el resultado de la ecuación 1, el cual muestra analogía con el concepto de “Net Carbon Removal Benefit” propuesto por la Unión Europea para establecer la certificación de la eliminación de carbono, pero adaptado en este caso a la particularidad de los proyectos de gestión en humedales:

$$GEI_{\text{proyecto}} = (GEI_{\text{humedal}} + GEI_{\text{productos}}) - GEI_{\text{incremento}}$$

ECUACIÓN 1

El término GEI_{humedal} de la ecuación anterior define la mitigación prevista (disminución de emisiones de GEI en tCO_2eq) en el humedal como consecuencia de la ejecución de una o varias de las acciones de gestión. Consiste en la diferencia observada entre los intercambios de GEI con la atmósfera en un escenario base (i.e., situación en la que no se llevaría a cabo ninguna actuación) y los intercambios de GEI producidos en un escenario de mejora, en el cual sí se contemplase la ejecución de dichas acciones.

$$GEI_{\text{humedal}} = \sum (GEI_{\text{escenario base}} \times Cf_{\text{mejora}} \times T \times A)_n$$

ECUACIÓN 1.1

Los términos de la ecuación 1.1 corresponden a: GEI_{humedal} = Sumatorio de las emisiones de GEI evitadas en el humedal como consecuencia de llevar a cabo la acción(es) (tCO_2eq); $GEI_{\text{escenario base}}$ = Balance de GEI en ausencia de acción ($tCO_2eq/ha \cdot \text{año}$); Cf_{mejora} = Coeficiente de reducción de emisiones de GEI por la acción (promedio por año durante el tiempo de permanencia del efecto de la acción); T = tiempo en años de permanencia del efecto de la acción de gestión/restauración; Área= superficie ejecutada en hectáreas de la acción de gestión/restauración; n: acciones llevadas a cabo de forma conjunta en un mismo proyecto de mitigación.

Los **escenarios base** hacen referencia a condiciones sobre las que cabe margen de mejora mediante el desarrollo de acciones de gestión y/o restauración. Representan por tanto la situación del humedal, en términos de intercambio de GEI, previa a una acción de gestión/restauración. De forma análoga, este término puede también entenderse como el intercambio de GEI en ausencia de acción. Así pues, es sobre el balance de GEI en el escenario base sobre el que cabe aplicar los coeficientes de mitigación esperables en caso de ejecutarse uno o varios de los proyectos de gestión descritos en el apartado 3 de la presente guía. El valor utilizado para el término GEI escenario base en la ecuación 1.1. depende del tipo y estado de conservación del humedal. En este sentido, caben las dos posibilidades que se plantean a continuación, cuyo desarrollo de cálculo se encuentra más detallado en el documento de metodología para el cálculo de la mitigación derivado también del proyecto **LIFE Wetlands4Climate**:

<p>ESCENARIO 1</p>	<p>El tipo y estado de conservación del humedal encajan con los ensayados en el proyecto LIFE Wetlands4Climate, esto es, es un humedal mediterráneo costeros, interior de agua dulce o interior salino y se encuentra en un buen estado de conservación. En este caso se puede utilizar el valor de GEI escenario base (i.e., balance de GEI en ausencia de acción) medido en el proyecto LIFE Wetlands4Climate para ese tipo de humedal.</p>
<p>ESCENARIO 2</p>	<p>El tipo de humedal encaja con los ensayados en el proyecto LIFE Wetlands4Climate, esto es, es un humedal mediterráneo costeros, interior de agua dulce o interior salino, pero no se encuentra en un buen estado de conservación. En este caso sería necesario calcular de nuevo el valor de GEI escenario base (i.e., balance de GEI en ausencia de acción) para poder aplicarle los factores de mitigación correspondientes. Esta estimación debería hacerse midiendo las tasas reales de intercambio de GEI de ese humedal previamente a las medidas de manejo/restauración a realizar en las zonas de actuación.</p>



Dentro del marco del proyecto de mitigación, es esencial tener en cuenta el uso secundario que se le otorgue a los productos, tales como biomasa vegetal o materia orgánica del suelo, extraídos en cada acción de gestión recurrente o restauración. Este empleo secundario de productos en actividades agropecuarias se considera una condición obligatoria en los proyectos de mitigación, ya que, si se extraen del humedal, pero después los GEI acaban siendo emitidos, no se consigue el objetivo de mitigación.

Este uso secundario puede implicar, por ejemplo, la sustitución de fertilizantes de origen industrial por productos del humedal extraídos en la acción (contando la huella de carbono completa de estos), la sustitución de fitosanitarios o incluso la sustitución de forraje y cama para el ganado proveniente de explotaciones agrarias. La fórmula introduce también el término GEI otros, dejando con ello abierta la posibilidad de establecer usos del material extraído no definidos a priori en este proyecto, pero que pueden resultar igualmente beneficiosos para la reducir la huella de carbono de algún proceso industrial o manufacturero. Cuando esto se materialice, se incorporarán al cálculo los coeficientes de reducción de emisiones asociados a la utilización secundaria de los subproductos extraídos de las acciones de gestión en los humedales como sustituto de prácticas agrarias específicas. Esta circunstancia es la que define el término GEI producto de la ecuación 1:

$$GEI_{\text{productos}} = [GEI_{\text{fertilizante}} + GEI_{\text{fitosanitarios}} + GEI_{\text{forraje}} + GEI_{\text{otros}}]$$

ECUACIÓN 1.2

Los términos de la ecuación 1.2 corresponden a: $GEI_{\text{productos}}$ = Sumatorio de $GEI_{\text{mitigados}}$ como consecuencia del uso secundario de los productos derivados del conjunto de acciones ejecutadas (tCO_2eq); $GEI_{\text{fertilizante}}$ = emisiones evitadas de la producción de fertilizante mineral (tCO_2eq); $GEI_{\text{fitosanitario}}$ = emisiones evitadas de la producción de fitosanitario (tCO_2eq); GEI_{forraje} = emisiones evitadas de la producción de forraje (tCO_2eq). GEI_{otros} = emisiones evitadas de la producción de otros productos (tCO_2eq)

Finalmente, a la mitigación asociada a las acciones que han sido calculadas en las ecuaciones 1.1 y 1.2, se deben restar aquellas emisiones vinculadas a las emisiones generadas en la ejecución de la acción, que principalmente se asocian al combustible utilizado en el uso de maquinaria (u otros, en ese caso proceder por el mismo razonamiento) durante la implementación de estas. Esto viene definido por el término $GEI_{\text{incremento}}$ incluido en la ecuación 1.



La estimación en este caso consiste en extrapolar el consumo medio por hectárea a la superficie total de acción (A), considerando la aplicación del correspondiente factor de equivalencia de emisiones de CO₂ (**Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023**) Este enfoque garantiza una estimación precisa de las emisiones asociadas a la ejecución de las acciones, permitiendo una evaluación más completa de la huella de carbono del proyecto:

$$GEI_{\text{incremento}} = F_c \times \text{Consumo} \times A$$

ECUACIÓN 1.3



4.4. DESARROLLO DE UN PLAN DE MONITOREO

El monitoreo de la mitigación de GEI en los humedales en los que se lleve a cabo el proyecto es fundamental para medir el éxito del mismo en cuanto a los niveles netos de reducción de GEI que se están logrando con su desarrollo. Por ello, para realizar este monitoreo de manera efectiva, se deben describir de forma clara e incluir los siguientes aspectos:

- 1** **Diseño de un sistema de monitoreo: que incluya la recopilación y registro de datos relevantes, como la evolución de las tasas de los procesos de intercambio de GEI.**
- 2** **Selección de las herramientas de medición: describir cuáles serán las herramientas para la medida de la emisión de GEI.**
- 3** **Recopilación de datos: los datos han de ser precisos, fiables y coherentes. Se debe describir métodos de muestreo representativos a utilizar, forma de obtenerlos, almacenarlos y compartirlos.**
- 4** **Duración del seguimiento. Deberá adecuarse a los estándares prescritos por la normativa europea, nacional y autonómica.**

5



5. INTEGRACIÓN EN LA PLANIFICACIÓN

Cuando se implementan acciones de gestión/restauración de humedales se deben, lógicamente, cumplir todas las leyes internacionales (en particular las europeas), **nacionales, regionales y locales, así como otras normas y marcos regulatorios. Se debe además contar con todos los permisos necesarios para el total desarrollo del proyecto, así como con la financiación adecuada y estable para ser llevado a cabo.**

Si se va a optar a la certificación de créditos de carbono a través de alguno de los estándares disponibles para tal efecto, se debe disponer de algún tipo de prueba que demuestre que la propiedad del proyecto está adjudicada al ejecutor del proyecto. La propiedad se define como el derecho jurídico a controlar y gestionar las actividades del proyecto.

La información que se puede adjuntar para verificar la propiedad puede ser de los siguientes tipos:

- **Propiedad del proyecto originaria u otorgada por ley, decreto o convenio de colaboración, por parte de una autoridad competente.**

- **Propiedad del proyecto originaria a través de un acuerdo con el titular de la propiedad o a través de los derechos contractuales del terreno**, que deben indicar los permisos necesarios para realizar el proceso de gestión/restauración específica, a partir del cual se genera la reducción o la eliminación de emisiones de GEI.

En el marco de todos los estándares de certificación internacionales vigentes, como las metodologías de Verra VCS, los proyectos han de estar durante un período de 30 días sujetos a comentarios públicos. Estas consultas se encaminan a que los participantes locales evalúen el impacto, generen cuestiones sobre impactos negativos y contribuyan con ideas para el diseño del proyecto. Es recomendable realizar estos procesos de consulta pública, para evitar futuros conflictos.

Es recomendable que el responsable del proyecto o de la implementación de las medidas de gestión/restauración establezca los mecanismos necesarios para asegurar un flujo de comunicación continuo con los participantes locales y posibilitar la realización de cuestiones sobre impactos negativos que puedan ocasionarse durante la realización del proyecto. Igualmente, se deberá presentar un plan de coordinación, si fuese el caso, con otros proyectos para evitar la duplicidad de esfuerzos y maximizar el beneficio.

5.1. POLÍTICAS Y MARCO LEGAL ESPAÑOL

Aunque no es el objetivo de este documento ahondar en el marco legal que atañe a los humedales, es importante al menos conocer cuáles son las normativas al respecto. El conocimiento de estas normativas es relevante para entender la importancia que hay en la consecuente monitorización y comprensión de indicadores del estado de conservación de los humedales.

En España, la legislación de humedales se sustenta en lo siguiente:

Legislación Internacional

- **Convenio de Ramsar.**

- **Directiva 2009/147/CE** (Directiva Aves) (DOUE L 20/7, de 26 de enero de 2010).

- **Directiva 92/43/CEE** (Directiva Hábitats), **Hábitats Anexos y posteriores modificaciones** (Directiva 97/62/CE) (DOCE nº L 305, de 08.11.97).

- **Directiva 2000/60/CE** (Directiva Marco del Agua), (DOCE L327/1, de 22 de diciembre de 2000).

- **Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo y al Consejo de 29 de mayo de 1995** sobre el uso prudente y la conservación de los humedales.

Legislación Nacional

• **Comisión Estatal para el Patrimonio Natural y la Biodiversidad;** Real Decreto 1424/2008 (BOE nº 221, 12 de septiembre de 2008).

• **Instrumento de Adhesión de España al Convenio de Ramsar de 18 de marzo de 1982,** (BOE nº 199 de 20 de agosto de 1982).

• **Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad;** Real Decreto 556/2011 (BOE nº 112, 11 de mayo de 2011).

• **Inventario Nacional de Zonas Húmedas;** Real Decreto 435/2004 (BOE nº 73, 25 de marzo de 2004).

• **Ley 42/2007 de 13 de diciembre del Patrimonio Natural y la Biodiversidad,** (BOE nº 299, 14 de diciembre de 2007).



- **Plan Estratégico de Humedales a 2030** (MITECO, 2022).

- **Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017; Real Decreto 1274/2011** (BOE nº 236, 30 de septiembre de 2011).

- **Protocolo de enmienda del Convenio ratificado por Instrumento de 19 de mayo de 1987**, (BOE nº 167 de 14 de julio de 1987, ratificación de la enmienda del Convenio de Ramsar por el Protocolo de París).

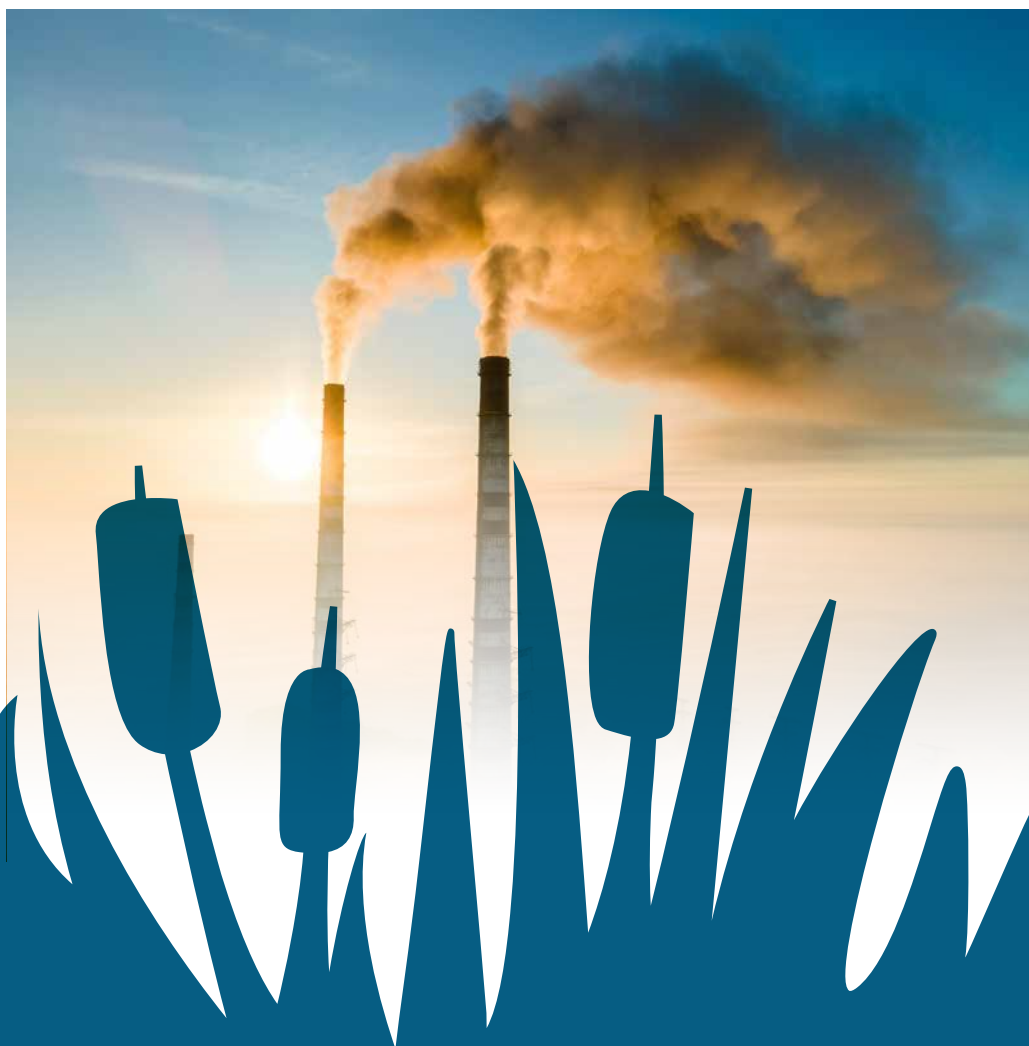
- **Real Decreto 817/2015, de 11 de septiembre**, por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental.



5.2. POSIBLES FUENTES DE FINANCIACIÓN: MERCADO VOLUNTARIO DE CARBONO, REGISTRO MITECO.

Los mercados de carbono fueron establecidos bajo el Protocolo de Kioto (1997) y llevados a cabo a través de los Acuerdos de Marrakech (2001) para dar apoyo a los miembros de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en cumplir sus compromisos de reducción de emisiones. A partir del Acuerdo de París (2016) la estructura de esos mercados ha cambiado, pero en particular, lo que se conoce hoy en día como el Mercado Voluntario de Compensación de Emisiones de CO₂, es un sistema comercial en el que se compran y venden créditos de carbono. Este sistema permite a las empresas y organizaciones compensar, de forma voluntaria, las emisiones de CO₂ que no pueden reducir. Esto lo hacen mediante la adquisición de créditos de carbono generados por proyectos de absorción de CO₂ y/o de reducción de emisiones. Estos proyectos son verificados y certificados por organismos independientes para garantizar que realmente reducen las emisiones de CO₂ y que ese secuestro no forma parte de cumplimientos regulados por normativas nacionales o internacionales de cumplimiento obligatorio.

En España, las acciones voluntarias de las empresas, administraciones y otras organizaciones españolas en el cálculo, reducción y compensación de las emisiones de GEI que genera su actividad, se registran mayoritariamente en el estándar conocido como: *"Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono"*, auspiciado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico.



6



6. PASOS CLAVE EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DE MITIGACIÓN

- **Es recomendable realizar un estudio exhaustivo del humedal** para determinar su estado ecológico /de conservación, incluyendo su extensión y su diversidad biológica.
- **Identificar las áreas del humedal objeto de gestión/restauración**, en las que se puede mejorar el balance de GEI. Es importante en esta fase, definir la propiedad del suelo dónde se van a desarrollar las acciones, y comenzar a realizar los acuerdos pertinentes con los propietarios y/o administraciones competentes.

- **Definir el tipo ecológico al que pertenece el humedal y establecer los límites temporales y geográficos del proyecto.**

- **Determinación del balance de GEI en el escenario base.** Representa el balance de emisión/captación de GEI en el área afectada por el proyecto en ausencia de intervención. Constituye por tanto la condición sobre la que cabe margen de mejora mediante el desarrollo de acciones de gestión y/o restauración.

- **Diseñar estrategias y acciones de gestión/restauración de vegetación,** de suelo y de agua. Para las acciones de gestión de vegetación y suelo se debe planificar además, siempre, el uso secundario de los materiales extraídos del humedal con fines, por ejemplo, agrícolas y/o ganaderos.



- **Cronograma de trabajo.**

- **Cumplimiento legal, financiación y salvaguardas.** Establecer un presupuesto y un plan de viabilidad económica y financiación.

- **Estimar el valor añadido y los co-beneficios del proyecto.** Si bien la finalidad primaria de los proyectos de gestión/restauración de humedales Mediterráneos como sumideros de carbono es la reducción de emisiones de GEI; no obstante, estas pueden también generar de forma agregada impactos positivos sobre la biodiversidad, en la adaptación al cambio climático, como mejora de la seguridad alimentaria, mejora en la salud de las personas y mejoras socioeconómicas en el entorno. Es recomendable estimar estos beneficios, mediante información verificable.



- **Análisis de riesgo.** Para asegurar que en los proyectos de conservación y gestión/restauración de humedales se mantiene la permanencia de las absorciones de CO₂ equivalentes, es necesario realizar un análisis de riesgos de no permanencia que identifique el riesgo de posibles pérdidas de carbono debido a emisiones accidentales o devenida. Se deben evaluar riesgos internos, riesgos externos y riesgos naturales.

- **Establecer un plan de Monitoreo**, que incluya la recopilación y registro de datos relevantes y defina las herramientas de medición.

- **Implementación de las acciones de gestión y monitoreo.**



- **Cuantificación de las reducciones reales de GEI.**

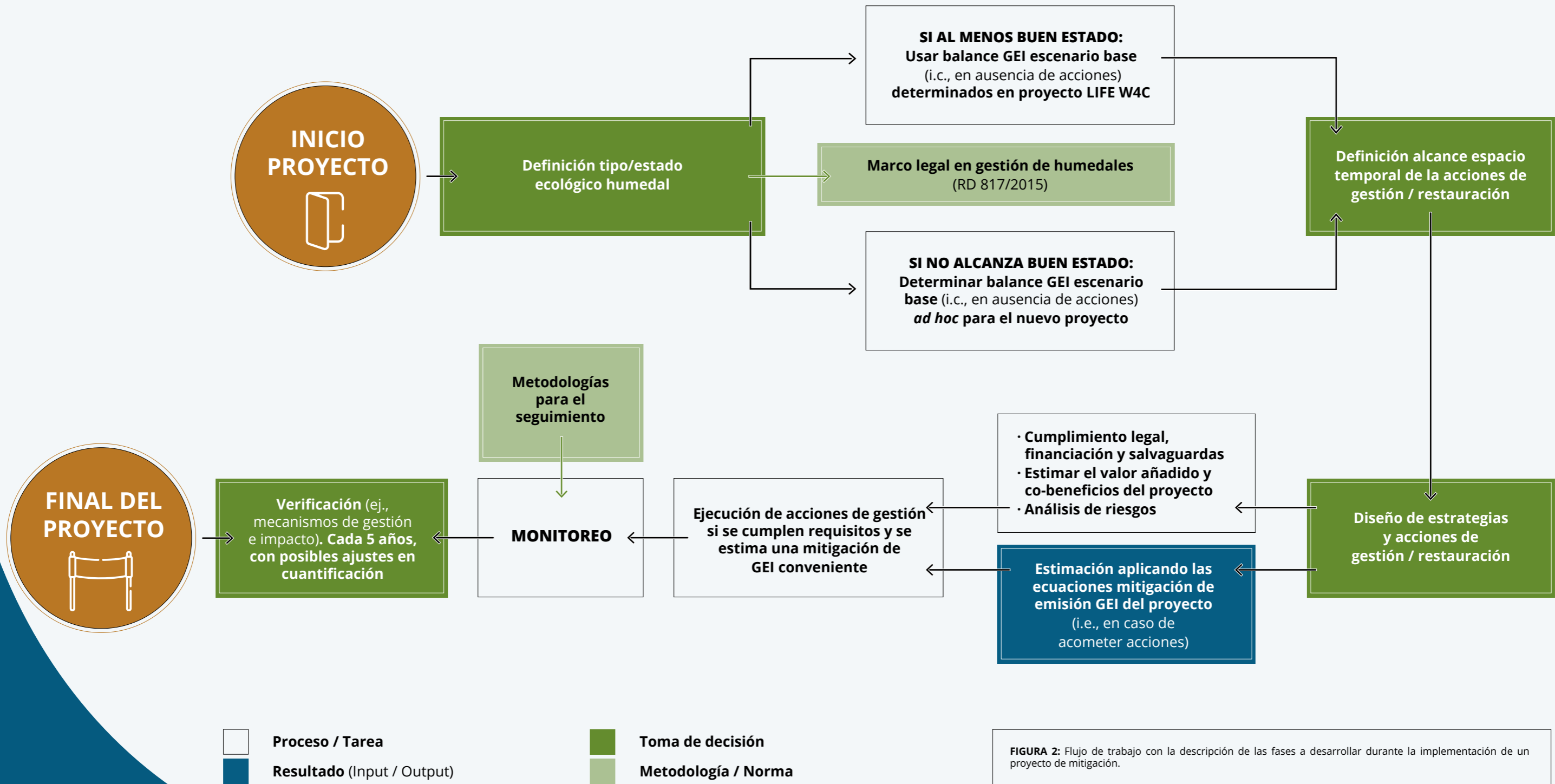


FIGURA 2: Flujo de trabajo con la descripción de las fases a desarrollar durante la implementación de un proyecto de mitigación.

7



7. REFERENCIAS

Bernal B., Mitsch W.J., 2012. Comparing carbon sequestration in temperate freshwater wetland communities. *Glob Change Biol.* 18(5):1636-1647.

www.doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02619.x

BOE. 2015. Real Decreto 817/2015 por el que se establecen los criterios de seguimiento y evaluación del estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental. BOE núm. 219, de 12 de septiembre de 2015, Boletín Oficial del Estado. Madrid.

Borja C., Florín M., Camacho A., 2012. Lagos y humedales en la Evaluación de Ecosistemas del Milenio en España. *Ambienta* 98:82-91.

www.hdl.handle.net/10578/2486

Camacho A., Borja C., Valero-Garcés B., Sahuquillo M., Cirujano S., Soria J. M., Rico E., de la Hera A., Santamans A.C., García de Domingo A., Chicote A., Gosálvez R.U., 2009. 31. Aguas continentales retenidas. Ecosistemas leníticos de interior. 412 pp. En: VVAA. Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Madrid.

www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/31_tcm30-196763.pdf

Camacho A., Picazo A., Rochera C., Santamans A.C., Morant D., Miralles-Lorenzo J., Castillo-Escrivà A., 2017. Methane emissions in Spanish saline lakes: Current rates, temperature and salinity responses, and evolution under different climate change scenarios. *Water.* 9(9):659.

www.doi.org/10.3390/w9090659

Camacho A., Ferriol C., Santamans A. C., Sahuquillo M., Camacho-Santamans A., Morant D., 2019a. Establecimiento, para cada tipo de hábitat lenítico de interior, de un conjunto mínimo de variables para calcular el índice ECLECTIC. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 30 pp.

Camacho A., Ferriol C., Santamans A.C., Morant D., Camacho-Santamans A., Picazo A., Rochera C., 2019b. Descripción de procedimientos para estimar las presiones y amenazas que afectan al estado de conservación de cada tipo de hábitat lenítico de interior. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 27 pp.

Dudgeon D., Arthington A.H., Gessner M.O., Kawabata Z.I., Knowler D.J., Lévêque C., 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges. *Biol Rev.* 81(2):163-182.
www.doi.org/10.1017/S1464793105006950

Farinós-Celdrán P., 2014. La comunidad de aves acuáticas del Mar Menor (Murcia, SE España): Respuestas a procesos funcionales gradientes estructurales e implicaciones para la gestión [Universidad de Murcia].
www.digitum.um.es/digitum/handle/10201/42710

Fennessy M.S., Wardrop D.H., Moon J.B., Wilson S., Craft C., 2017. Soil carbon sequestration in freshwater wetlands varies across a gradient of ecological condition and by ecoregion. *Ecol. Eng.* 114(15):129-136.
www.doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.013

Forster P., Storelvmo T., Armour K., Collins W., Dufresne J.L., Frame D., Lunt D.J., Mauritsen T., Palmer M.D., Watanabe M., Wild M., Zhang H., 2021: The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks, and Climate Sensitivity. **En:** Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Masson-Delmotte V, Zhai P, Pirani A, Connors S.L, Péan C, Berger S, Caud N, Chen Y, Goldfarb L, Gomis M.I, Huang M, Leitzell K, Lonnoy E, Matthews J.B.R, Maycock T.K, Waterfield T, Yelekçi O, Yu R, Zhou B (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, pp. 923-1054, doi:10.1017/9781009157896.009.

Geissen V., Wang S., Oostindie K., Huerta E., Zwart K.B., Smit A., Ritsema C.J., Moore D., 2013. Effects of topsoil removal as a nature management technique on soil functions. *Catena* 101: 50-55.
www.dx.doi.org/10.1016/j.catena.2012.10.002

Jubete F., Torres M., Gómez E., Cirujano S., Zuazua P. (Eds.), 2006. El carricerín cejudo: manual para el manejo de vegetación helofítica y monitorización de poblaciones. Fundación Global Nature. 144 pp.

Kim S., Oh Y., Ryu J., Lee S., Lee J., 2018. Studies on Potential Supply of Soil Organic Matter Using *Phragmites australis* in Reclaimed Land. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer.* 412-419.
www.doi.org/10.7745/KJSSF.2018.51.4.412

Lehikoinen P., Lehikoinen A., Mikkola-Roos M., Jaatinen K., 2017. Counteracting wetland overgrowth increases breeding and staging bird abundances. *Scientific Reports,* 7, 41391.
www.doi.org/10.1038/srep41391

Lolu A.J., Ahluwalia A.S., Sidhu M.C., Reshi Z.A., Mandotra S.K., 2020. Carbon sequestration and storage by wetlands: implications in the climate change scenario. In: Upadhyay A.K, Singh R, Singh D.P. (Eds). Restoration of Wetland Ecosystem: A Trajectory Towards a Sustainable Environment. Singapore (SGP): Springer; p 45-58.

www.doi.org/10.1007/978-981-13-7665-8

Lu W., Xiao J., Liu F., Zhang Y., Liu C.A., Lin G., 2017. Contrasting ecosystem CO₂ fluxes of inland and coastal wetlands: a meta-analysis of eddy covariance data. Glob. Change Biol. 23(3):1180-1198.

www.doi.org/10.1111/gcb.13424

Ma J., Chang L., Li Y., Lan X., Ji W., Zhang J., Han F., Cheng H., Chai Y., Chai S., 2024. Straw strip mulch improves soil moisture similar to plastic film mulch but with a higher net income. Agriculture, Ecosystems & Environment. Volume 362. 108855, ISSN 0167-8809.

www.doi.org/10.1016/j.agee.2023.108855

Mairata A., Labarga D., Puelles M., Huete J., Portu J., Rivacoba L., Pou A., 2023. The organic mulches in vineyards exerted an influence on spontaneous weed cover and plant biodiversity. European Journal of Agronomy. 151: 1161-031.

www.creativecommons.org/licenses/by/4.0

Miguélez D., 2023. Pastoreo extensivo y conservación de aves palustres amenazadas. Seguimientos de anillamiento científico en los territorios de laguna de La Nava, Prat de Cabanes-Torreblanca, marjal del Moro y marjal de Pego-Oliva, año 2023. Naturaleza Pastoreada/Fundación Global Nature. Fuentes de Nava, Palencia.

Millenium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and human well-being (Vol. 5). Washington DC (US-DC): Island press; 80p.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, s.f. Sistemas de Tratamiento. Valorización y Reciclaje Material. 1.2 Tratamientos Biológicos.

www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/prevencion-y-gestion-residuos/flujos/domesticos/gestion/sistema-tratamiento/tratamientos-biologicos-compostaje.html#:~:text=El%20compostaje%20es%20un%20proceso,puede%20utilizar%20como%20enmienda%20org%C3%A1nica.

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2022. "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". Marzo.

www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/documentoapoyopa_tcm30-479077.pdf

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, Oficina de Cambio Climático, 2023. Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Factores de emisión.

www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf

Mitsch W.J., Bernal B., Nahlik A.M., Mander U., Zhang L., Anderson C.J., Jørgensen S.E., Brix H., 2013. Wetlands, carbon, and climate change. *Landscape Ecol.* 28(4):583-597.

www.doi.org/10.1007/s10980-012-9758-8

Monrós J. S., Neto J. M., Arcos F., Vera, P., Belda, E. J., 2018. El escribano palustre en España y Portugal. Población reproductora en 2015 y método de censo. Universitat de València-Universitat Politècnica de València-SEO/BirdLife. Madrid. 54 pp.

Morant D., Picazo A., Rochera C., Santamans A.C., Miralles-Lorenzo J., Camacho A., 2020a. Influence of the conservation status on carbon balances of semiarid coastal Mediterranean wetlands. *Inland Waters.* 10(4):453-467.

www.doi.org/10.1080/20442041.2020.1772033

Morant D., Picazo A., Rochera C., Santamans A.C., Miralles-Lorenzo J., Camacho-Santamans A., Ibañez C., Martínez-Eixarch M., Camacho A., 2020b. Carbon metabolic rates and GHG emissions in different wetland types of the Ebro Delta. *PLoS ONE.* 15(4): e0231713.

www.doi.org/10.1371/journal.pone.0231713

Palomino D., 2016. Lavandera Boyera – Motacilla flava. En: Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles. Salvador, A., Morales, M. B. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

www.vertebradosibericos.org

Reeves P.N., Champion, P.D., 2004. Effects of livestock grazing on wetlands: literature review. Client report HAM2004-059. National Institute of Water & Atmospheric Research Ltd. Hamilton, New Zealand.

Schmidt M. H., Lefebvre G., Poulin B., Tschardtke, T., 2005. Reed cutting affects arthropod communities, potentially reducing food for passerine birds. *Biological Conservation*, 121: 157-166.

Schäfer W., Väisänen J., Pihala M. 2002. Technique of green mulch spreading. Agrifood Research Finland, Agriculture Engineering Research (Vakola). Vakolan tutkimuslöstus. Report no. 79: 1-65.

Tanner, C.C., 1992. A review of cattle grazing effects on lake margin vegetation with observations from dune lakes in Northland, New Zealand. *New Zealand Natural Sciences* 19:1-14.

Thesiger W., 1964. *The Marsh Arabs*. Penguin Books, Harmondsworth, Middlesex, England. EN: Kobbing J.F, Thevs N, Zerbe S, 2013. The utilisation of reed (*Phragmites australis*): a review. *Mires and Peat*. Vol 13 (2013/2014). Article 01, 1-14.

www.mires-and-peat.net/, ISSN 1819-754X

Tolhurst S., 1997. *Investigation into the use of domestic herbivores for fen grazing management. A document for discussion*. Broads Authority, English Nature and the Norfolk Wildlife Trust.

Vellinga Th.V., Blonk H., Marinussen M., van Zeist W.J., de Boer I.J.M., Starmans D., 2013. Methodology used in FeedPrint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization. Wageningen UR Livestock Research. Report 674. ISSN 1570 - 8616. 108pp.

Vera P., 2020. Escribano palustre – *Emberiza schoeniclus*. En: *Enciclopedia Virtual de los Vertebrados Españoles*. López, P., Martín, J., Barba, E. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid.

www.vertebradosibericos.org

Voslamber B., Vulink J. T., 2010. Experimental Manipulation of Water Table and Grazing Pressure as a Tool for Developing and Maintaining Habitat Diversity for Waterbirds. *Ardea*, 98(3), 329-338.

www.doi.org/10.5253/078.098.0307.

"Humedales

ALIADOS NATURALES
CONTRA EL CAMBIO
CLIMÁTICO"





**WetLands
4CLIMATE**

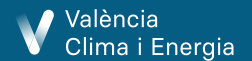
CON LA CONTRIBUCIÓN DEL INSTRUMENTO FINANCIERO DE LA UNIÓN EUROPEA

Síguenos en #Wetlands4Climate



www.wetlands4climate.eu
info@wetlands4climate.eu

Socios



Con el apoyo de



Cofinanciadores

