



DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS
TASAS DE CAMBIO DEL PARÁMETRO 'SUPERFICIE
OCUPADA' POR LOS TIPOS DE HÁBITAT
HERBÁCEOS CON COMPONENTE TURBÓFILO EN
SUS RESPECTIVOS RANGOS DE DISTRIBUCIÓN
(PARATURBERAS Y TREMEDALES
MESOEUTRÓFICOS)

Xabier Pontevedra-Pombal, Noemí Silva-Sánchez,
Antonio Martínez-Cortizas





DESCRIPCIÓN DE MÉTODOS PARA ESTIMAR LAS
TASAS DE CAMBIO DEL PARÁMETRO 'SUPERFICIE
OCUPADA' POR LOS TIPOS DE HÁBITAT
HERBÁCEOS CON COMPONENTE TURBÓFILO EN
SUS RESPECTIVOS RANGOS DE DISTRIBUCIÓN
(PARATURBERAS Y TREMEDALES
MESOEUTRÓFICOS)





Aviso Legal: los contenidos de esta publicación podrán ser reutilizados, citando la fuente y la fecha, en su caso, de la última actualización.

El presente documento fue realizado en el marco de la encomienda de gestión para el Desarrollo de las tareas necesarias para integrar los tipos de hábitat de pastos naturales y seminaturales en el sistema estatal de seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat en España, promovido y financiado por la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental y Medio Natural del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, desarrollado entre 2017 y 2019.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo Martín¹

Realización y producción

Tragsatec

Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo²

Juan Carlos Simón Zarzoso²

David Sánchez Pescador^{2,3}

Coordinación del equipo técnico

Antonio Martínez Cortizas⁴

Noemí Silva Sánchez^{2,4}

Autores

Xabier Pontevedra Pombal⁴

Noemí Silva Sánchez^{2,4}

Antonio Martínez Cortizas⁴

Coordinación y revisión editorial

Jara Andreu Ureta²

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan²

¹ Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)

⁴ Departamento de Edafología e Química Agrícola. Universidade de Santiago de Compostela

A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:

Pontevedra-Pombal X, Silva-Sánchez N & Martínez-Cortizas A. 2019. Descripción de métodos para estimar las tasas de cambio del parámetro 'Superficie ocupada' por los tipos de hábitat herbáceos con componente turbófilo en sus respectivos rangos de distribución (paraturberas y tremedales mesoeutróficos). Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 30 pp.

Las opiniones que se expresan en esta obra no representan necesariamente la posición del Ministerio para la Transición Ecológica. La información y documentación aportadas para la elaboración de esta monografía son responsabilidad exclusiva de los autores.



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

<https://cpage.mpr.gob.es>

NIPO: 638-19-088-X

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	7
2. EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR UN SISTEMA PARATURBOSO.....	9
2.1. Identificación y delimitación biofísica de los sistemas paraturbosos.....	9
2.2. Selección de las variables para evaluar el parámetro ‘Superficie ocupada’ por el tipo de hábitat de paraturbera	9
2.3. Criterios para delimitar un tipo de hábitat de paraturbera (parámetros biofísicos de delimitación)	10
2.4. Criterios para identificar las transiciones a otros tipos de hábitat y las zonas de expansión potencial.....	11
2.5. Criterios específicos para determinar la superficie de la unidad funcional.....	13
3. EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR UN TREMEDAL MESOEUTRÓFICO	16
3.1. Identificación y delimitación biofísica de los tremedales mesoeutróficos	16
3.2. Selección de las variables para evaluar el parámetro ‘Superficie ocupada’ por el tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico	16
3.3. Criterios para delimitar un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico	17
3.4. Criterios para identificar las transiciones a otros tipos de hábitat y las zonas de expansión potencial.....	19
3.5. Criterios específicos para determinar la superficie de la unidad funcional.....	20
4. USO DE HERRAMIENTAS REMOTAS	23
4.1. Cartografía digital.....	23
4.2. Imágenes de satélite	24
4.3. Escalas espaciales	24
5. INVENTARIO DE TURBERAS Y PARATURBERAS DEL ESTADO ESPAÑOL	25
6. REFERENCIAS	30



1. INTRODUCCIÓN

En un territorio concreto y delimitado, la superficie ocupada por un tipo de hábitat está constituida por el sumatorio de las superficies inventariadas y cartografiadas de cada una de las teselas con presencia del tipo de hábitat en dicho territorio. Este parámetro promueve un criterio evolutivo, al pretender evaluar las tendencias entre dos situaciones, inicial y final, a partir del análisis de situación entre un valor de Superficie Favorable de Referencia (SFR; Comisión Europea 2005) y el valor de la superficie actual. En consecuencia, el parámetro 'Superficie ocupada' es de gran relevancia para determinar el estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario (THIC) en el marco de la Directiva Europea 92/43/CEE¹ (en adelante Directiva Hábitats). De la definición de este parámetro, se desprende que la superficie ocupada está fuertemente condicionada por la posibilidad de establecer un estado de referencia de la misma en el área de distribución. Solo de esta manera será posible identificar y cuantificar los cambios del tipo de hábitat hacia futuro. En sentido amplio, este estado de referencia óptimo podría ser identificado con la SFR.

La SFR, es la superficie total considerada como la mínima necesaria, dentro de una determinada región biogeográfica, para asegurar la viabilidad a largo plazo de un tipo de hábitat. Debe incluir las áreas necesarias para la restauración o desarrollo de aquellos tipos de hábitat para los que la cobertura actual no es suficiente para su viabilidad a largo plazo. El valor de referencia favorable debe ser por lo menos la superficie que abarcaba el tipo de hábitat cuando la Directiva Hábitats entró en vigor.

En el caso de los sistemas paraturbosos (también denominados paraturberas), que tradicionalmente se han incorporado dentro de otros tipos de hábitat al tratarse de ecosistemas de transición, no existe información alguna sobre su distribución y extensión, impidiendo en el estado actual de conocimiento la posibilidad de establecer con garantías su SFR en las distintas regiones biogeográficas. Similar situación puede describirse para los tipos de hábitat de turbera del grupo 72 Áreas pantanosas calcáreas, donde existe una ausencia prácticamente absoluta de información, bloqueando en el momento actual, la posibilidad de establecer con garantías la SFR de los tremedales mesoeutróficos españoles.

Como es comprensible, la valoración del estado de conservación y evolución de cada tipo de hábitat concreto, necesita de la valoración no solo de la superficie total ocupada por cada sistema paraturboso, o tremedal mesoeutrófico (parámetro más o menos resiliente a modificaciones ambientales leves o moderadas), sino que requiere de otros rasgos o propiedades que determinan el parámetro 'Estructura y la función' del tipo de hábitat y que son potencialmente más sensibles a cambios paulatinos y aditivos en las condiciones ambientales (ver Silva-Sánchez *et al.* 2019a) para paraturberas y tremedales mesoeutrófico.

Así, en el presente trabajo se indican los criterios, las metodologías y las fuentes de información a utilizar para determinar las tasas de cambio del parámetro 'Superficie ocupada' para los sistemas paraturbosos y los tipos de hábitat de tremedal mesoeutrófico, de acuerdo con la Matriz General de Evaluación del estado de conservación de los THIC (Tabla 1; European Commission 2011²; DG Environment 2017³).

¹ Directiva 92/43/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1992, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres.

² <https://www.eionet.europa.eu/etcs/etc-bd/activities/reporting/article-17/reference-material-for-reporting-period-2007-2012-art-17>

³ http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17



Según esta matriz, la superficie ocupada no debe establecerse únicamente como un parámetro que mida el espacio físico que abarca el tipo de hábitat, sino que habrá de atenderse también a su estabilidad global y la de sus patrones de distribución.

Tabla 1 Detalle de la Matriz General de Evaluación del estado de conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario referente al parámetro 'Superficie ocupada'. Fuente: elaboración propia a partir de European Commission (2011).

PARÁMETRO	ESTADO DE CONSERVACIÓN			
	Favorable (verde)	Desfavorable – inadecuado (ámbar)	Desfavorable – malo (rojo)	Desconocido (información insuficiente para realizar una evaluación)
Superficie ocupada por el tipo de hábitat dentro del rango geográfico	<p>La superficie ocupada por el tipo de hábitat es estable (la pérdida y la expansión están equilibradas) o está aumentando</p> <p>Y no es menor que la 'superficie favorable de referencia'</p> <p>Y sin cambios importantes en el patrón de distribución en su conjunto (si se dispone de datos para evaluarlo)</p>	<p>Cualquier situación que no sean las descritas en 'verde' o 'rojo'</p>	<p>Gran merma de la superficie (equivalente a una pérdida de más del 1% por año durante un periodo especificado por el Estado miembro; se pueden utilizar otros umbrales, pero se deben explicar en el anexo D)</p> <p>O con pérdidas importantes (cambios negativos) en el patrón de distribución dentro del área de distribución</p> <p>O la superficie actual está más del 10% por debajo de la 'superficie de referencia favorable'</p>	<p>No se dispone de información fiable o esta es insuficiente</p>



2. EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR UN SISTEMA PARATURBOSO

2.1. Identificación y delimitación biofísica de los sistemas paraturbosos

Antes de establecer la superficie ocupada e implementar sistemas de seguimiento es imprescindible conocer previamente la extensión y localización del tipo de hábitat en un territorio, así como su evolución real y potencial (Tabla 2). Es decir, si no existe un inventario detallado del tipo de hábitat no es posible establecer un sistema de seguimiento del mismo con garantías. En el caso de los sistemas paraturbosos, el conocimiento accesible sobre su localización y extensión es nulo, por lo que la tarea actual de establecer su superficie ocupada se antoja prematura, en particular para las paraturberas no vinculadas espacialmente a tipos de hábitat de turbera. En el caso de las paraturberas que mantengan un vínculo espacial con un ecosistema de turberas pueden ser más fácilmente detectables.

Según Martínez-Cortizas *et al.* (2019) los sistemas paraturbosos o paraturberas engloban a aquellos tipos de hábitat que presentando vegetación característica de turberas e hidromorfía durante la mayor parte del año no cumplen los criterios para su catalogación como turberas, bien porque no cumplen el criterio de espesor de turba (>30 cm) para una superficie considerable del enclave, o bien porque no presentan turba. En función de cuál sea la situación se establecen distintos tipos de paraturberas, que se separan principalmente por la existencia o no de conexión espacial con otros sistemas paraturbosos u otros tipos de hábitat de turbera. Genéricamente, todos estos tipos de hábitat son esenciales en la génesis de turberas, cumplen una importante función como repositorio de semillas para la colonización vegetal de la turbera a la que están próximas y podrían ser zonas de posible expansión de la misma, así como zonas de preservación y amortiguación del circuito hidrológico.

Estos tipos de hábitat, por sus características, suelen presentar un continuo espacial hacia otros tipos de hábitat con características de humedad edáfica y comunidades vegetales similares, por ejemplo, brezales, praderas de *Molinia*, etc. Esta situación hace muy difícil la creación de modelos predictivos y remotos para la 'búsqueda' de enclaves. Esta circunstancia, unida a la ausencia total de información obligará a un trabajo de campo más intenso que para otros ambientes.

2.2. Selección de las variables para evaluar el parámetro 'Superficie ocupada' por el tipo de hábitat de paraturbera

A pesar de la fuerte interacción espacial entre los límites de las paraturberas y otros tipos de hábitat, todos ellos están concernidos por una unidad hidrológica más o menos bien delimitada, que ha de ser utilizada en su localización y su gestión. Por tanto, el seguimiento y gestión deberán de realizarse en conjunto. Así pues, se propone la delimitación en base a una cartografía GIS (del inglés *Geographic Information System*) de dos variables generales fundamentales (ver Tabla 2):

- **Superficie ocupada por el tipo de hábitat de paraturbera o de los distintos tipos de hábitat de paraturbera:** en ambos casos el seguimiento se hará a escala de mesotopo, aunque conviene matizar que, en el caso de la potencial presencia de un esfagnal sobre roca, normalmente de extensión reducida, puede ser necesario un acercamiento a escala de microtopo.
- **Superficie total de la unidad funcional del ecosistema de paraturbera:** en esta concepción subyace la idea de la funcionalidad del ecosistema, que depende de las interacciones y los flujos



de materia y energía con su entorno. La delimitación y gestión del tipo de hábitat debería recoger todo el espacio directamente en conexión con el mismo y del cual depende para su pervivencia. En este sentido, han de delimitarse las conexiones hidrológicas y las conexiones de alcance gravitacional.

Para poder determinar las variables generales que se proponen, serán necesarios también una serie de criterios específicos que se describen a continuación. En algunos casos los criterios específicos se corresponden con variables que serán obtenidas por una combinación de técnicas *in situ* (toma de datos en campo, monitorización), *ex situ* (toma de muestras para su posterior análisis), remotas (imágenes satélite, fotografías aéreas, LiDAR [*Light Detection and Ranging*], drones, etc.) y otras fuentes de información. Todas las variables/muestras obtenidas han de ser georreferenciadas dentro del tipo de hábitat para facilitar las revisiones periódicas.

2.3. Criterios para delimitar un tipo de hábitat de paraturbera (parámetros biofísicos de delimitación)

Para considerar la existencia de una paraturbera han de considerarse dos características principales (ver Tabla 2):

- **Vegetación característica de turbera:** variable *in situ*. Las paraturberas se caracterizan por presentar 'vegetación característica de turbera', en un sentido amplio. Aunque la catalogación de las paraturberas como tal no responde a un criterio botánico estricto en Martínez-Cortizas *et al.* (2019) se describe la vegetación característica de cada tipo de paraturbera.
- **Hidromorfía (durante la mayor parte del año):** variable *in situ*. Una paraturbera es un tipo de humedal y, por lo tanto, aunque por circunstancias climatológicas pueden presentar periodos de mayor sequedad, durante la mayor parte del año han de manifestar al menos unas condiciones de hidromorfía aparente.

A su vez, los criterios que definen los tipos de hábitat de paraturbera son los siguientes.

- **Espesor del manto de turba (si existe) y descripción de los horizontes de suelo.** Variable *in situ*. Una de las características fundamentales en la diferenciación de una paraturbera respecto de una turbera es que el manto de turba (si existe) ha de ser siempre inferior a 30 cm. Otros aspectos relacionados con el espesor y el tipo de suelo (ver a continuación contenido de carbono orgánico del suelo) son fundamentales para discriminar entre las distintas tipologías de paraturberas. Para determinar estas propiedades, con ayuda de la información cartográfica y la visita a cada una de las áreas de estudio se identificará la unidad topográfica e hidrológica que contiene al sistema paraturboso. Esta unidad espacial se recorrerá desde el centro hacia la periferia en todas las direcciones, efectuándose una comprobación de la profundidad cada 50 o 100 m, utilizando para ello una sonda de presondeo. En cada punto se anotará la profundidad, la estratigrafía y se tomará la posición GPS (del inglés *Global Positioning System*). Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo largo en sistemas no impactados, y de ciclos medios a cortos en sistemas impactados.



- **Contenido total de carbono orgánico del suelo.** Aporta información sobre el flujo preferente de agua y partículas, cambios en la composición botánica del material edáfico y evolución de la materia orgánica. Es una variable con ritmos de variación de ciclo largo, que se emplearía para establecer la tipología de la paraturbera (euparaturbera, mineroparaturbera, pseudoparaturbera). Además, se trata de una variable *ex situ*, que exige la toma de muestras para analizar en laboratorio. La obtención del valor de carbono de referencia para el enclave se hará siguiendo la metodología propuesta en el Anexo I de Martínez-Cortizas *et al.* (2019). Las medidas se realizarán de manera aleatoria en un número que podría oscilar entre 3 y 5 por hectárea en función de la heterogeneidad del tipo de hábitat. Los ritmos de variación son de ciclo largo.
- **Valor de pH en agua del suelo/turba.** El pH del suelo/turba es uno de los factores diagnósticos para diferenciar tipologías de turbera. Es un criterio para diferenciar las euparaturberas y las mineroparaturberas en oligotróficas y mesoeutróficas. Habrá de tenerse en cuenta que la existencia de determinadas presiones o amenazas pueda afectar a los valores de esta variable. Por tanto, ha de tenerse especial precaución en la interpretación de los resultados cuando haya evidencias o sospechas de impacto ambiental por fertilización, cambios en la calidad de las aguas de alimentación, cambios en los flujos y origen del material inorgánico que se incorpora a la paraturbera, etc. La metodología está indicada en el Anexo I de Martínez-Cortizas *et al.* (2019).
- **Conectividad con tipos de hábitat de turbera u otros tipos de hábitat de paraturbera.** Mientras que las euparaturberas y las mineroparaturberas no presentan requerimientos de conexión a un tipo de hábitat de turbera o paraturbera para su catalogación, las pseudoparaturberas y los esfagnales paraturbosos, al ser los ecosistemas más alejados conceptualmente de las auténticas turberas, han de estar en contacto con otros tipos de hábitat de turbera o paraturbera.

2.4. Criterios para identificar las transiciones a otros tipos de hábitat y las zonas de expansión potencial

Los elementos que a continuación se enumeran serán muy útiles para establecer el seguimiento, tanto en campo como remoto, de la evolución biofísica de la paraturbera y delimitar su extensión respecto de otros tipos de hábitat periféricos pertenecientes a la misma unidad funcional (ver Tabla 2):

- **Presencia de transiciones:** variable *in situ*. La presencia y características de las transiciones entre el tipo de hábitat de paraturbera con otros tipos de hábitat ha de ser identificada y registrada cartográficamente. Si es posible identificar la transición espacial de un tipo de hábitat de paraturbera a otro tipo de hábitat en menos de 5 m la transición es neta, de lo contrario es difusa. Este análisis permitirá establecer los límites exteriores del tipo de hábitat y las zonas de expansión potencial. Si las diferencias fisionómicas (comunidades vegetales, cuerpos de agua, grado de encharcamiento, etc.) son sustancialmente diferentes a las de los tipos de hábitat circundantes, esta variable puede sustituirse por una aproximación con herramientas remotas. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo medio a corto. La periodicidad del análisis de la evolución de estas transiciones será trienal. Se establecerán los límites exteriores



del tipo de hábitat por los procedimientos ya indicados, y se identificarán los tipos de hábitat en contacto, bien *in situ* o con la utilización de fuentes de información (European Commission 2013), conocimiento experto y/o herramientas remotas (p. ej. imágenes satélite, fotografías aéreas o drones). Se describirán las características del tránsito entre la paraturbera y los tipos de hábitat en contacto, respondiendo a las preguntas: a) ¿hay cambios netos o bruscos de fisonomía, comunidades vegetales, circulación del agua sobre y dentro del suelo?, b) ¿los contactos son lineales o penetrantes? Las zonas de contacto se registrarán georreferenciadas.

- **Cambios en la vegetación:** desaparición de más del 80% de las comunidades propias del tipo de hábitat de paraturbera.
- **Cambios en los suelos:** aparición de suelos minerales, sustratos rocosos o áreas de sedimentación en condiciones aerobias. Estos cambios se pueden identificar por observación directa o a partir de las variaciones físico-químicas. La evolución de estos rasgos, una vez identificados y georreferenciados puede realizarse utilizando herramientas remotas.
- **Cambios en la circulación del agua:** el agua que drena desde las paraturberas tiende a permean al alcanzar los suelos minerales de bajo contenido en materia orgánica o bien acelera su circulación en los canales de desagüe.
- **Rasgos erosivos y frentes desnudos de suelo:** estos elementos aparecen frecuentemente en los límites externos del tipo de hábitat. Su origen puede ser natural, inducido o mixto. Pueden ser superficiales o comprometer todo el espesor del suelo. La relación entre la altura y la longitud del daño puede aportar información indirecta sobre el nivel de retroceso de la superficie de la paraturbera.
- **Zonas de expansión potencial:** variable *in situ* y remota (p. ej. imágenes satélite, fotografías aéreas o drones). Normalmente, las zonas de potencial expansión de una paraturbera se observan como áreas de suelos inorgánicos con tendencia al encharcamiento y presencia más o menos significativa de vegetación propia de sistemas paraturbosos o turberas. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo medio a corto, en función de las condiciones ambientales en las que se desarrolla el ecosistema y el nivel de impacto. La periodicidad del análisis de la evolución de las zonas de potencial expansión de la paraturbera será trienal. Se establecerán las áreas con potencial para el incremento de la superficie del tipo de hábitat o para la reocupación por el tipo de hábitat de paraturbera, basándose en la presencia de características propicias para estos ambientes: zonas con tendencia al encharcamiento, de lenta o nula exportación de materia, colonizadas por vegetación característica de paraturberas o turberas, o muy próxima (<10 m) a comunidades de este tipo, donde sea fácil identificar y eliminar el vector de impacto (p.ej. carga ganadera) y alejadas de los flujos erosivos principales. Las zonas inspeccionadas se georreferenciarán, se cartografiarán y se hará un catálogo fotográfico trienal. Para facilitar el seguimiento de su evolución se pueden instalar marcadores semipermanentes, como por ejemplo estacas o mallas para verificar la colonización vegetal, el incremento de la sedimentación orgánica o la distancia al límite exterior del tipo de hábitat de paraturbera.



2.5. Criterios específicos para determinar la superficie de la unidad funcional

Las paraturberas son ecosistemas húmedos y, por tanto, dependen de la circulación (cantidad y calidad) del agua a través del territorio. En consecuencia, su existencia, pervivencia, tipología, dinámica y evolución está intrínsecamente asociada al comportamiento del agua en su cuenca de recepción. Este funcionamiento, a su vez, está condicionado por las características biofísicas y químicas de la cuenca. El espacio que conecta hidrológicamente la paraturbera con su cuenca constituye la unidad funcional de la paraturbera. Existe una fuerte relación causa-efecto entre ciertas condiciones morfológicas y litológico-sedimentarias y la formación y evolución de los sistemas paraturbosos. Esta relación se concreta en el control que estas condiciones morfológico-litológico-sedimentarias tienen sobre los flujos preferentes de agua y sedimentos. Los diferentes ambientes morfogenéticos y edafogenéticos que se establecen en un territorio fruto de esta interacción se caracterizarán por la formación de distintas estructuras (glaciares, periglaciares, fluviales, lacustres, etc.) que van a controlar inicialmente la posibilidad del desarrollo de una paraturbera y su tipología. El espacio que contiene a todas estas estructuras y a los flujos de agua y sedimentos que promueven la formación de un tipo de hábitat de paraturbera debe considerarse como la unidad funcional del ecosistema, aunque no esté totalmente ocupada por un tipo de hábitat de paraturbera, y ha de ser preservado para garantizar la estabilidad del tipo de hábitat.

Los límites físicos de la unidad funcional serán aquellos a partir de los cuales una actividad o un cambio en el territorio no van a provocar alteraciones del ecosistema en cuanto al origen y a la cantidad de agua y material inorgánico que se incorpora a este.

En el caso específico de los sistemas paraturbosos que no estén en continuidad espacial con turberas de cobertor y, por tanto, en los que todas sus tipologías están asociadas y condicionadas por el flujo edáfico del agua dentro de una cuenca más o menos bien definida, ocupando una forma más o menos deprimida del terreno, la unidad funcional queda netamente delimitada por la cuenca de captación de dicha depresión. Las laderas de dicha cuenca y los cauces y la escorrentía aportarán el agua y el material inorgánico. Cuando la fisonomía de dicha cuenca no sea suficientemente nítida o esté difuminada por la vegetación, infraestructuras, etc., será útil construir un modelo digital terrestre previo a la cartografía del área.



Tabla 2 Procedimientos para establecer el parámetro 'Superficie ocupada' por los tipos de hábitat de paraturbera. Fuente: elaboración propia.

Procedimiento	Variable	Metodología	Periodicidad	Intensidad	Unidad
Procedimiento basado en información previa	Rango	Inventario y cartografía oficial.	-	-	-
	Superficie ocupada por el tipo de hábitat (ha)	Inventarios, medidas de campo, fotografías aéreas, drones, LiDAR.	-	-	-
	Superficie ocupada por la unidad funcional (ha)	<p>Cartografía topográfica, fotografía aérea.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mapa topográfico nacional con la escala de mayor detalle disponible. - Fotografías aéreas: vuelo americano de 1956 y vuelos sucesivos. - Series <i>Landsat</i> 1982 – Actualidad. - <i>Google Earth</i> y sus actualizaciones. <p>La combinación de relieves de formas muy suaves, muy diseccionados por cauces secundarios y con una cobertura vegetal densa y alta pueden desaconsejar el uso de estas herramientas. En ese caso será necesario utilizar otras como drones, LiDAR o modelos digitales del terreno (MDT).</p> <p>Los límites físicos de la unidad funcional serán aquellos a partir de los cuales una actividad o un cambio en el territorio no van a provocar alteraciones del ecosistema en cuanto al origen y a la cantidad de agua y material inorgánico que se incorpora a este.</p> <p>En esta tipología, asociada y condicionada por el flujo edáfico del agua dentro de una cuenca, la unidad funcional queda delimitada por la cuenca de captación de dicha depresión, incluyendo laderas, cauces y escorrentía.</p>	-	-	-
Criterios para delimitar la superficie ocupada por el tipo de hábitat (parámetros biofísicos de delimitación)					
Procedimiento basado en la monitorización	Vegetación característica de turbera	Consultar metodología en Martínez-Cortizas <i>et al.</i> (2019)	Triannual	-	-
	Hidromorfía aparente (durante la mayor parte del año)	Valoración <i>in situ</i> durante la inspección visual en campo.	Se valorará el mantenimiento de rasgos indicativos de hidromorfía trianualmente pero en casos dudosos puede ser necesario hacer inspecciones cada 3-6 meses.	-	-

Continúa en la siguiente página ►



Procedimiento	Variable	Metodología	Periodicidad	Intensidad	Unidad	
Procedimiento basado en la monitorización (continuación)	Espesor del manto de turba y descripción de los horizontes	Con ayuda de la información cartográfica y la visita a cada una de las áreas de estudio se identificará la unidad topográfica e hidrológica que contiene al tipo de hábitat de paraturbera. Esta unidad espacial se recorrerá desde el centro hacia la periferia en todas las direcciones, efectuándose una comprobación de la profundidad cada 50 o 100 m, utilizando para ello una sonda de presondeo. En cada punto se anotará la profundidad y se tomará la posición GPS. Ritmos de variación de ciclo largo en ambientes no impactados, y ciclos medios a cortos en ambientes impactados.	Sexenal	3 a 5 medidas por hectárea.	cm	
	Contenido total de carbono orgánico del suelo	Consultar metodología en Martínez-Cortizas <i>et al.</i> (2019)	Sexenal	3 a 5 medidas por hectárea	%	
	Valor de pH en agua del suelo (pH)	Consultar metodología en Martínez-Cortizas <i>et al.</i> (2019)	Bianual	3 a 5 medidas por hectárea		
	Conectividad con otros tipos de hábitat de turbera	Valoración <i>in situ</i> durante la inspección visual en campo.	Sexenal			
	Criterios para identificar las transiciones a otros tipos de hábitat					
	Vegetación	Inventarios comunidades vegetales: campo y remoto.	Trienal		% de representación (valor umbral: 80%)	
	Cambios de pendiente	Campo, drones, LiDAR, MDT.	Única		% (valor umbral: 10% en 5 m)	
	Circulación del agua	Observación, drones	Bianual		Cualitativo	
	Rasgos erosivos	Medidas de campo del espesor y superficie de los frentes de erosión y las grietas de manto edáfico. Una vez establecidos se podrá hacer un seguimiento utilizando drones.	Bianual		cm	
	Criterios para identificar las zonas de expansión potencial	Análisis de campo, adiestramiento remoto, drones. Las zonas se establecerán basadas en la presencia de características propicias para estos ambientes: zonas con tendencia al encharcamiento, de lenta o nula exportación de materia, colonizadas por vegetación característica de turberas o muy próxima (<10 m) a comunidades de este tipo, donde sea fácil identificar y eliminar el vector de impacto (p.ej. carga ganadera), alejadas de los flujos erosivos principales. Las zonas inspeccionadas se georreferenciarán y se hará un catálogo fotográfico periódico. Para facilitar el seguimiento de su evolución se pueden instalar marcadores semipermanentes, como por ejemplo estacas o mallas para verificar la colonización vegetal, el incremento de la sedimentación orgánica o la distancia al límite exterior del tipo de hábitat de turbera.	Trienal			



3. EVALUACIÓN DE LA SUPERFICIE OCUPADA POR UN TREMEDAL MESOEUTRÓFICO

3.1. Identificación y delimitación biofísica de los tremedales mesoeutróficos

Como ocurre con las paraturberas, tampoco existen inventarios detallados de los tremedales mesoeutróficos que permitan conocer su extensión y localización en un territorio y establecer su superficie ocupada, su evolución real y potencial y, por supuesto, implementar sistemas de seguimiento de estos tipos de hábitat.

En Martínez-Cortizas *et al.* (2019) se define a las turberas como el tipo de hábitat donde el suelo está formado por turba, un sustrato orgánico de color oscuro formado *in situ* en condiciones de hidromorfía por la acumulación de restos vegetales y, en menor medida, animales (Pontevedra-Pombal *et al.* 2008), con un contenido mínimo de carbono (15%), un espesor mínimo (30 cm) y una superficie considerable. Cabe destacar que es la combinación del conjunto de estas características, y no una sola, como por ejemplo la coloración, la que establecerá la existencia de un tipo de hábitat de turbera. Por ejemplo, en la bibliografía se ha detectado que es relativamente habitual que sistemas hidromorfos con coloraciones oscuras pero formados por suelos minerales (con contenidos de carbono muy inferiores a 15%) sean incorrectamente catalogados como turberas. Algo similar ocurre con los tipos de hábitat de marisma, en los que formalmente puede darse la acumulación de turba, pero en los que ni la génesis ni el origen, mayoritariamente alóctono, de la materia orgánica permiten la catalogación de los enclaves como tipos de hábitat de turbera.

En cuanto a los factores biofísicos que determinan la distribución de los tremedales mesoeutróficos, existe un fuerte control litológico e hidrogeológico, de tal manera que estas turberas se desarrollan asociadas a litologías o aguas de naturaleza calcárea o alcalina. Esta realidad debería servir para facilitar la creación de modelos predictivos para la 'búsqueda' de enclaves. Sin embargo, la distribución de esta tipología de turberas ibéricas también puede responder a factores geográficos asociados a condiciones meso y micro ambientales específicas, lo que dificulta la aplicación de modelos prospectivos y exige la alimentación de los mismos con bases de datos más complejas y un mayor esfuerzo de trabajo de campo.

3.2. Selección de las variables para evaluar el parámetro 'Superficie ocupada' por el tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico

Debido a las implicaciones biogeoquímicas, físicas y ecológicas asociadas a cada tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico, y a la presencia habitual de un continuo espacial entre los distintos tipos, es necesario establecer la superficie de cada tipo de hábitat individual. Sin embargo, los tipos de hábitat de tremedal mesoeutrófico, por sus características hidrológicas, interaccionan y dependen en gran medida de los ecosistemas limítrofes que participan de su misma unidad hidrológica. Por tanto, el seguimiento y gestión habrán de realizarse en conjunto. Así pues, como en el caso de las paraturberas, se propone la delimitación en base a una cartografía GIS de dos variables generales fundamentales:



- **Superficie ocupada por el tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico o de los distintos tipos de hábitat de tremedal mesoeutrófico:** en ambos casos el seguimiento se hará a escala de mesotopo, aunque conviene matizar que en el caso de la potencial presencia de un tremedal oligomesoeutrófico, dado su desarrollo espacial, puede ser necesario un acercamiento a escala de microtopo.
- **Superficie total de la unidad funcional del ecosistema de tremedal mesoeutrófico:** en esta concepción subyace la idea de la funcionalidad del ecosistema, que depende de las interacciones y los flujos de materia y energía con su entorno. La delimitación y gestión de un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico debe recoger todo el espacio directamente en conexión con el mismo y del cual depende para su pervivencia. En este sentido, han de delimitarse las conexiones hidrológicas y las conexiones de alcance gravitacional.

A continuación, se describen una serie de criterios necesarios para poder determinar las variables generales que se proponen. Tal y como se ha comentado en el apartado de paraturberas, en algunos casos los criterios específicos se corresponden con variables que serán obtenidas por una combinación de técnicas *in situ* (toma de datos en campo, monitorización), *ex situ* (toma de muestras), remotas (imágenes satélite, fotografías aéreas, LiDAR, drones, etc.) y otras fuentes de información. Todas las variables/muestras obtenidas deben ser georreferenciadas para facilitar las revisiones periódicas.

3.3. Criterios para delimitar un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico

Los criterios que definen la existencia de los tipos de hábitat de tremedal mesoeutrófico son los siguientes:

- **Contenido total de carbono orgánico del suelo.** Variable *ex situ*, que exige la toma de muestras para analizar en laboratorio. Además de identificar la existencia o no de una turbera, aporta información sobre el flujo preferente de agua y partículas, cambios en la composición botánica de la turba y evolución de la materia orgánica, lo que permite establecer la tipología del tremedal mesoeutrófico. La obtención del valor de carbono de referencia para el enclave se hará siguiendo la metodología propuesta en el Anexo I de Martínez-Cortizas *et al.* (2019). Las medidas se realizarán de manera aleatoria en un número que podría oscilar entre 3 y 5 medidas por hectárea en función de la heterogeneidad del tremedal mesoeutrófico. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo largo de determinación trienal.
- **Espesor mínimo (30 cm) del manto de turba.** Variable *in situ*. Con ayuda de la información cartográfica y la visita a cada una de las áreas de estudio se identificará la unidad topográfica e hidrológica que contiene al tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico. Esta unidad espacial se recorrerá desde el centro hacia la periferia en todas las direcciones, efectuándose una comprobación de la profundidad cada 50 o 100 m, utilizando para ello una sonda de presondeo (Figura1). En cada punto se anotará la profundidad y se tomará la posición GPS. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo largo en ambientes no impactados, y de ciclos medios a cortos en ambientes impactados.



- **Perfil topográfico del tremedal mesoeutrófico.** Variable *in situ*. Permite establecer que el tipo de hábitat tiene una extensión mínima, así como localizar las zonas perimetrales que lo delimitan y las zonas de transición hacia otros tipos de hábitat. Se determinará realizando transectos estratigráficos longitudinales y transversales a la superficie del tremedal mesoeutrófico, aunque si las diferencias fisionómicas (comunidades vegetales, cuerpos de agua, grado de encharcamiento, etc.) son sustancialmente diferentes a las de los tipos de hábitat circundantes puede aproximarse con herramientas remotas. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo largo.
- **Patrón general de circulación hídrica.** Variable *in situ*. Su determinación permitirá establecer la naturaleza trófica del tremedal mesoeutrófico (ver Martínez-Cortizas *et al.* 2019), aunque en muchas ocasiones será necesario un 'conocimiento experto'. Una ayuda para establecer estos límites puede obtenerse del uso de tecnologías cartográficas tipo LiDAR.
- **Valor de pH del agua y suelo.** El pH de la turba también es uno de los factores diagnósticos para diferenciar tipologías de tremedal mesoeutrófico. Como se ha mencionado en el apartado de paraturberas, habrá de tenerse en cuenta que la existencia de determinadas presiones o amenazas pueda afectar a los valores de esta variable, teniendo especial precaución en la interpretación de los resultados cuando haya evidencias o sospechas de impacto ambiental por fertilización, cambios en la calidad de las aguas de alimentación, cambios en los flujos y origen del material inorgánico que se incorpora al tremedal mesoeutrófico, etc. La metodología está indicada en el Anexo I de Martínez-Cortizas *et al.* (2019).



Figura 1 Sonda de prospección: en fibra de vidrio (diámetro: 19 mm, longitud: 105 cm) o en acero (diámetro 30 mm, longitud: 10 m). Autor: Xabier Pontevedra Pombal.



3.4. Criterios para identificar las transiciones a otros tipos de hábitat y las zonas de expansión potencial

Los criterios que se enumeran a continuación y que son prácticamente iguales a los descritos para el caso de paraturberas, serán muy útiles para establecer el seguimiento, tanto en campo como remoto, de la evolución biofísica del tremedal mesoeutrófico y delimitar su extensión respecto de otros tipos de hábitat periféricos pertenecientes a la misma unidad funcional:

- **Presencia de transiciones:** variable *in situ*. La presencia y características de las transiciones entre el tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico con otros tipos de hábitat ha de ser identificada y registrada cartográficamente. Si es posible identificar la transición espacial de un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico a otro tipo de hábitat en menos de 5 m la transición será neta, de lo contrario será difusa. Este análisis permitirá establecer los límites exteriores del tremedal mesoeutrófico y las zonas de expansión potencial. Si las diferencias fisionómicas (comunidades vegetales, cuerpos de agua, grado de encharcamiento, etc.) son sustancialmente diferentes a las de los tipos de hábitat circundantes, esta variable puede sustituirse por una aproximación con herramientas remotas. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo medio a corto. La periodicidad del análisis de la evolución de estas transiciones será trienal. Se establecerán los límites exteriores del tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico por los procedimientos ya indicados, y se identificarán los tipos de hábitat en contacto con el tremedal mesoeutrófico de manera *in situ* o con la utilización de fuentes de información (European Commission 2013), conocimiento experto y/o herramientas remotas (p. ej. imágenes satélite, fotografías aéreas o drones). Se describirán las características de la transición entre el tremedal mesoeutrófico y los tipos de hábitat en contacto respondiendo a las preguntas: a) ¿hay cambios netos o bruscos de fisonomía, comunidades vegetales, circulación del agua sobre y dentro del suelo? y b) ¿los contactos son lineales o penetrantes? Las zonas de contacto se registrarán georreferenciadas.
- **Cambios en la vegetación:** desaparición de más del 80% de las comunidades propias del tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico.
- **Cambios en los suelos:** aparición de suelos minerales, sustratos rocosos o áreas de sedimentación. Estos cambios se pueden identificar por observación directa o a partir de las variaciones físico-químicas.
- **Cambios en la pendiente:** es posible localizar un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico sobre pendientes de muy diverso grado de inclinación en función de la tipología, por lo que este criterio no hace referencia a la pendiente total, sino a cambios acusados de la pendiente (p. ej. variación >10% en 5 m).
- **Cambios en la circulación del agua:** el agua que drena desde el tremedal mesoeutrófico tiende a permear al alcanzar los suelos minerales o bien acelera su circulación en los canales de desagüe.
- **Rasgos erosivos y frentes desnudos de turba:** estos elementos característicos de los tipos de hábitat de tremedal mesoeutrófico aparecen frecuentemente en sus límites externos. Su origen puede ser natural, inducido o mixto. Pueden ser superficiales o comprometer todo el espesor



del manto de turba hasta el sustrato mineral. La relación entre la altura y la longitud del daño puede aportar información indirecta sobre el nivel de retroceso de la superficie del tremedal mesoeutrófico.

- **Zonas de expansión potencial:** variable *in situ* y remota (p. ej. imágenes satélite, fotografías aéreas o drones). Normalmente, las zonas de potencial expansión de un tremedal mesoeutrófico se observan como áreas de suelos inorgánicos, pero con alto contenido en materia orgánica, hidromorfos y con una cobertura relativamente alta de especies propias de tremedal mesoeutrófico, o ambientes con sustrato rocoso o sedimentario muy encharcado y con una cobertura completa de vegetación propia de turberas (sistemas paraturbosos), y en contacto directo con el tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico. Se trata de una variable con ritmos de variación de ciclo medio a corto, en función de las condiciones ambientales en las que se desarrolla el ecosistema y el nivel de impacto, y de periodicidad trienal. Se establecerán las áreas con potencial para el incremento de la superficie de tremedal mesoeutrófico o para la reocupación por el tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico, basándose en la presencia de características propicias para estos ambientes: zonas con tendencia al encharcamiento, de lenta o nula exportación de materia, colonizadas por vegetación característica de tremedales mesoeutrófico (sistemas paraturbosos), o muy próxima (<10 m) a comunidades de este tipo, donde sea fácil identificar y eliminar el vector de impacto (p. ej. carga ganadera), alejadas de los flujos erosivos principales. Las zonas inspeccionadas se georreferenciarán, se cartografiarán y se hará un catálogo fotográfico trienal. Para facilitar el seguimiento de su evolución se pueden instalar marcadores semipermanentes, como por ejemplo estacas o mallas para verificar la colonización vegetal, el incremento de la sedimentación orgánica o la distancia al límite exterior del tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico.

3.5. Criterios específicos para determinar la superficie de la unidad funcional

Los tremedales mesoeutrófico, al igual que las paraturberas, son ecosistemas húmedos y, por tanto, dependen de la circulación (cantidad y calidad) del agua a través del territorio. En consecuencia, su existencia, pervivencia, tipología, dinámica y evolución está también intrínsecamente asociada al comportamiento del agua en su cuenca de recepción. Este funcionamiento, a su vez, está condicionado por las características biofísicas y químicas de la cuenca. El espacio que conecta hidrológicamente el tremedal mesoeutrófico con su cuenca constituye la unidad funcional de la turbera. Existe una fuerte relación causa-efecto entre ciertas condiciones morfológicas y litológico-sedimentarias y la formación y evolución de los tremedales mesoeutrófico. Esta relación se concreta en el control que estas condiciones morfológico-litológico-sedimentarias tienen sobre los flujos preferentes de agua y sedimentos. Los diferentes ambientes morfogenéticos que se establecen en un territorio fruto de esta interacción se caracterizarán por la formación de distintas estructuras (glaciares, periglaciares, sedimentarias, fluviales, lacustres, etc.) que van a controlar inicialmente la posibilidad del desarrollo de un tremedal mesoeutrófico y su tipología. El espacio que contiene a todas estas estructuras y a los flujos de agua y sedimentos que promueven la formación de un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico debe considerarse como la unidad funcional del ecosistema, aunque no esté totalmente ocupada por un tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico, y ha de ser preservado para garantizar la estabilidad del tremedal mesoeutrófico.



Los límites físicos de la unidad funcional serán aquellos a partir de los cuales una actividad o un cambio en el territorio no van a provocar alteraciones del ecosistema en cuanto al origen y la cantidad de agua y material inorgánico que se incorpora a este.

En el caso específico de los tremedales mesoeutróficos, todas sus tipologías están asociadas y condicionadas por el flujo edáfico del agua dentro de una cuenca más o menos bien definida, ocupando una forma más o menos deprimida del terreno y, por tanto, la unidad funcional queda netamente delimitada por la cuenca de captación de dicha depresión. Las laderas de dicha cuenca y los cauces y la escorrentía aportarán el agua y el material inorgánico. Cuando la fisonomía de dicha cuenca no sea suficientemente nítida o esté difuminada por la vegetación, infraestructuras, etc., será útil construir un modelo digital terrestre previo a la cartografía del área.



Tabla 3 Procedimientos para establecer el parámetro 'Superficie ocupada' por los tipos de hábitat de tremadales mesoeutrófico. El procedimiento basado en la información previa es exactamente igual al descrito para paraturberas (ver Tabla 2), y por ello no se ha incluido aquí. Fuente: elaboración propia.

Procedimiento	Variable	Metodología	Periodicidad	Intensidad	Unidad
Criterios para delimitar la superficie ocupada por el tipo de hábitat (parámetros biofísicos de delimitación)					
Procedimiento basado en la inspección in situ	Contenido total de carbono orgánico del suelo	Consultar metodología en Martínez-Cortizas <i>et al.</i> (2019)	Sexenal	3 a 5 medidas por hectárea	% (valor de alerta: 2%)
	Valor de pH (pH)	Consultar metodología en Martínez-Cortizas <i>et al.</i> (2019)	Anual - trienal	3 a 5 medidas por hectárea	
	Espesor de turba	Con ayuda de la información cartográfica y la visita a cada una de las áreas de estudio se identificará la unidad topográfica e hidrológica que contiene al tipo de hábitat de turbera. Esta unidad espacial se recorrerá desde el centro hacia la periferia en todas las direcciones, efectuándose una comprobación de la profundidad cada 50 o 100 m, utilizando para ello una sonda de presondeo. En cada punto se anotará la profundidad y se tomará la posición GPS. Ritmos de variación de ciclo largo en ambientes no impactados, y ciclos medios a cortos en ambientes impactados.	Sexenal	3 a 5 medidas por hectárea	cm (valor de alerta: 5 cm)
	Perfil topográfico de la turbera	Se determinará realizando transectos estratigráficos longitudinales y transversales a la superficie de la turbera, aunque si las diferencias fisionómicas (comunidades vegetales, cuerpos de agua, grado de encharcamiento, etc.) son sustancialmente diferentes a las de los hábitat circundantes puede aproximarse con herramientas remotas.	Única	4 transeptos perpendiculares por hectárea	
	Criterios para identificar las transiciones a otros tipos de hábitat				
Vegetación	Inventarios comunidades vegetales: campo y remoto.		Trienal		% de representación (valor umbral: 80%)
Cambios de pendiente	Campo, drones, LiDAR, MDT.		Única		% (valor umbral: 10% en 5 m)
Circulación del agua	Observación, drones		Bianual		Cualitativo
Rasgos erosivos	Medidas de campo y con drones del espesor y superficie de los frentes de erosión y las grietas de manto de turba.		Bianual		cm
Criterios para identificar las zonas de expansión potencial	Análisis de campo, adiestramiento remoto, drones. Las zonas se establecerán basadas en la presencia de características propicias para estos ambientes.		Trienal		



4. USO DE HERRAMIENTAS REMOTAS

4.1. Cartografía digital

La utilización de series cartográficas históricas, principalmente de fotografías aéreas y ortofotografías, pueden ser de gran utilidad para establecer la Superficie Favorable de Referencia o las tendencias generales tanto de paraturberas como de tremadales mesoeutróficos en los últimos 50 años. Esta documentación, que está georreferenciada, se puede cargar como una capa en una cartografía con base GIS. Esta información puede mejorar la 'opinión experta' a través del análisis de la evolución temporal de la cubierta vegetal, las modificaciones de los cuerpos de agua, la aparición de infraestructuras, la presión de la frontera agrícola y forestal, etc., o el retroceso y avance del tipo de hábitat de turbera o paraturbera.

Se puede acceder a las bases cartográficas necesarias a través de la web del Instituto Geográfico Nacional⁴, con un repositorio con varias series de fotografías aéreas desde el vuelo americano de 1945, los ortofotogramas editados hasta el 2018 por el PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) o la base de datos de ocupación del suelo en España a escala 1:25.000 de los años 2005 y 2011 del Sistema de Información sobre Ocupación del Suelo de España (SIOSE). Es importante conocer que la cobertura de esta documentación no es homogénea y depende de la zona geográfica en estudio.

Otra herramienta que puede tener relevancia en la cartografía de los tipos de hábitat de turbera y paraturbera, si bien requerirá de un adiestramiento previo, es la cartografía LiDAR (*Light Detection And Ranging*). El LiDAR es una técnica de teledetección óptica que utiliza la luz láser para obtener una muestra densa de la superficie de la Tierra produciendo mediciones exactas en x-y-z. Los componentes de hardware principales de un sistema LiDAR incluyen un vehículo de recolección (avión, helicóptero, vehículo y trípode), sistema de escáner láser, GPS y sistema de navegación por inercia (INS, del inglés *Inertial navigation system*). Un sistema INS mide la rotación, inclinación y encabecamiento del sistema LiDAR. Los pulsos láser emitidos desde un sistema LiDAR se reflejan desde objetos sobre y por encima de la superficie del suelo: vegetación, edificios, puentes y así sucesivamente. Un pulso láser emitido puede regresar al sensor LiDAR como uno o muchas devoluciones. Una vez recogidos los datos se realiza un postprocesado que se conoce como 'Datos de la Nube de Puntos'. Hoy en día se utiliza principalmente en aplicaciones de representación cartográfica láser aéreas, y está surgiendo como una alternativa rentable a las técnicas de topografía tradicionales como la fotogrametría. LiDAR produce conjuntos de datos de nubes de puntos masivos que se pueden administrar, visualizar, analizar y compartir.

La principal ventaja del uso de LiDAR es que, al tratarse de una luz láser, el haz diverge muy poco y la luz, por su velocidad de propagación, permite una medición en tiempo mínimo. Ambas propiedades permiten obtener una gran resolución en la imagen final, con una distancia internodal mínima (distancia mínima necesaria para distinguir un punto de otro), proyectando una nube de puntos muy densa que recrea una morfología superficial muy próxima a la real. Esta tecnología se puede utilizar en condiciones de visibilidad muy bajas, no necesita puntos de apoyo y puede penetrar en las cubiertas vegetales, detectando simultáneamente el terreno y la vegetación. El principal inconveniente es que, respecto a

⁴ <http://www.ign.es/web/ign/portal>



otras tecnologías, como los drones, su resolución es menor y, por tanto, ha de valorarse si la escala de trabajo deseada para cada estudio concreto es suficiente.

4.2. Imágenes de satélite

La propia naturaleza de ecosistemas de transición que caracteriza a los sistemas paraturbosos, genera que los límites de las paraturberas sean bastante difusos con zonas de extensión variable que comparten condiciones similares de humedad, vegetación o pendiente. Esta realidad determina que los sistemas de identificación y seguimiento por satélite necesitarán de un adiestramiento previo extremadamente exigente. Por tanto, en una primera fase de localización e identificación de paraturberas, esta aproximación metodológica genera muchas incertidumbres.

A diferencia de otros tipos de hábitat como los leníticos, lóticos, dunares, etc., los límites de transición hacia otro tipo de hábitat tanto en paraturberas como en tremedales mesoeutróficos son bastante difusos, con zonas de extensión variable que comparten condiciones similares de humedad, vegetación o pendiente. Esta realidad determina que los sistemas de identificación y seguimiento por satélite necesiten de un adiestramiento previo extremadamente exigente. Por tanto, en una primera fase de localización e identificación de paraturberas y tremedales mesoeutróficos, esta aproximación metodológica genera muchas incertidumbres, y será necesaria la recopilación exhaustiva de datos reales y georreferenciados que permitan el adiestramiento remoto. Sin embargo, una vez que los tipos de hábitat sean localizados y georreferenciados y el soporte remoto adiestrado con esta información recogida *in situ*, se mejoraría considerablemente la viabilidad de los sistemas de seguimiento.

4.3. Escalas espaciales

En el contexto de la gestión del patrimonio natural al igual que en el de la construcción de la Red Natura 2000, las escalas de trabajo necesarias para generar información útil son diversas. Así, la unidad más grande es la región biogeográfica, pero esta está constituida por unidades menores como el rango de distribución, un ecosistema singular, un rasgo o un microambiente dentro de dicho ecosistema, etc.

El registro cartográfico del tipo de hábitat se hará a escala de mesotopo y no debería tener una escala menor de 1:1.000. El parámetro 'Superficie ocupada' por un tipo de hábitat, otros tipos de hábitat en contacto, las cuencas asociadas y las conexiones hidrológicas podrían establecerse en una escala 1:5.000. El rango de distribución, las Zonas Especiales de Conservación y los Lugares de Importancia Comunitaria deberían reflejarse con una escala 1:25.000. La síntesis de la información por región biogeográfica podría establecerse a escala 1:50.000 o 1:100.000 en función del tamaño del área integrada.



5. INVENTARIO DE TURBERAS Y PARATURBERAS DEL ESTADO ESPAÑOL

Uno de los principales problemas de la preservación de las turberas es precisamente el desconocimiento que existe acerca de estos tipos de hábitat, incluso en lo que respecta a su localización, tipificación y superficie ocupada. Por eso, para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat de turbera (y sistemas paraturbosos), es esencial la creación de un inventario de enclaves de seguimiento.

Al ser conscientes de que, a día de hoy, no existe todavía un sistema estatal de seguimiento y, por lo tanto, el estado de conocimiento sobre los enclaves de turbera y paraturbera es limitado, se propuso la creación de una base de datos de enclaves de seguimiento con un número muy limitado de campos obligatorios, marcados con un asterisco (*). Son los que siguen:

Información general (parte superior de la base de datos)

- Código del enclave*. El código del enclave tendrá la siguiente estructura #AAA00001#. Las tres primeras letras se reservan para un código correspondiente al editor de la base de datos empleando las iniciales de su nombre de modo que aseguremos que el código es único para cada enclave (p.ej. NSS00001, NSS00002, etc.).
- Topónimos*. Nombre o nombres por los que se conoce al enclave tanto en la literatura científica como a nivel local.
- ¿Reconocido en campo?* Variable binaria: Sí o No
- Fuentes acerca de la existencia del enclave*. Pueden ser repositorios de datos de comunidades autónomas, fuentes bibliográficas, comunicaciones personales, etc.
- Introducido en la base de datos por*. Nombre y apellidos del editor/a.
- Fecha de introducción en la base de datos*. En formato dd/mm/aa.

Pestaña 'Datos de localización'

- Coordenadas geográficas*

Pestaña 'Datos descriptivos'

- Superficie estimada*. Se ha optado por no exigir un tamaño mínimo del enclave para que este pueda ser introducido en la base de datos, por eso es tremendamente importante rellenar este campo. Existe en la base de datos otro campo denominado 'Superficie' que se reserva para introducir el valor de superficie 'real' o 'medida' del enclave y un campo 'Fuentes superficie' para introducir el origen de datos del valor. En caso de disponer del dato 'real' y de su fuente, no sería necesario introducir un valor en superficie estimada, pero de lo contrario sí.



Pestaña 'Clasificación'

- Clasificación tentativa*. En la pestaña clasificación se distinguen dos apartados diferenciados: 'Clasificación formal' y 'Clasificación tentativa'. La clasificación formal se haría atendiendo a la tipología desarrollada al amparo de este proyecto y para ello serían necesarios todos los datos de la pestaña 'Datos para la clasificación formal' (p. ej. contenido de carbono del suelo, espesor de la turba, si la hubiese, etc.). Como para la mayor parte de los enclaves esta información no existe, no se exige hacer una clasificación formal del enclave. Sin embargo, sí habrá de hacerse una clasificación tentativa al nivel de tipificación de mayor certidumbre con los datos disponibles. En el campo 'Observaciones acerca de la clasificación' se muestra el criterio empleado para la clasificación. Por ejemplo, para el caso de turberas, presencia de turba, composición florística, etc.

En la Tabla 4 se indican la totalidad de campos considerados en la base de datos para la elaboración de un inventario de turberas y paraturberas.

Tabla 4 Campos del inventario de turberas y paraturberas del Estado español. Fuente: elaboración propia.

Código del campo	Nombre del campo y descripción
ENCLAVE_ID*	Identificador del enclave. Campo de generación automática empleando la estructura 'AAA00000'.
TOPNIMS*	Topónimos con los que se conoce el enclave.
RECAMPO*	¿Reconocido en campo? Variable binaria: Sí o No.
RECAMPOQ*	¿Quién o quienes realizaron la identificación del enclave? En caso de RECAMPO afirmativo.
FUENTES*	Fuentes acerca de la existencia del enclave. Descripción acerca de las fuentes que nos indican la existencia de un enclave (pueden ser bibliográficas, orales, etc.). El campo debería rellenarse al mayor nivel de detalle estableciendo cuáles son las fuentes y no solo el tipo de fuente.
PERSONA*	Autor encargado de la introducción de los datos en la base de datos.
AÑO*	Fecha de introducción en la base de datos. Fecha de introducción del enclave en la base de datos.
PESTAÑA: DATOS DE LOCALIZACIÓN	
COORD*	Coordenadas geográficas del mesotopo en grados minutos y segundos. Se debe especificar el sistema de coordenadas utilizado.
ALT	Altitud (m).
ACCESB	Accesibilidad. Tres posibles valores: fácil/media/difícil.
POBPROX	Población/poblaciones más próximas.
PROV	Provincia.
CNUT	Código europeo de localización administrativa, NUT.
MUNIC	Municipio.
REGBIO	Región biogeográfica.



Código del campo	Nombre del campo y descripción
HIDR	Cuenca hidrológica.
HIDRSB	Subcuenca hidrológica.
CARTOG	Cartografía (ficheros). Posibles valores: Sí o No.
PESTAÑA: DATOS DESCRIPTIVOS	
DEENC	Breve descripción del enclave.
OR	Orientación.
PEND	Pendiente.
SUP*	Estimación superficie (m ²).
ESP	Espesor máximo conocido del manto de turba (cm).
FUENTESP	Fuentes espesor máximo conocido del manto de turba (p.ej. determinado en campo por XX, fuente bibliográfica, etc.).
EDAD	Edad máxima conocida.
EDADFUENTES	Fuentes edad máxima conocida.
SUBAPARTADO: FLORA Y FAUNA	
DESVEG	Descripción de la vegetación.
SPPROTVEG	Presencia de especies protegidas (vegetación).
SPSINGVEG	Presencia de especies singulares (vegetación).
SPPROTFAU	Presencia de especies protegidas (fauna).
SPSINGFAU	Presencia de especies singulares (fauna).
SUBAPARTADO: CONSERVACIÓN	
DESEC	Breve descripción del estado de conservación aparente del enclave.
ENP	Espacio natural protegido. Posibles valores: Sí o No.
ENP_FP	Figura/s de protección del espacio natural. En caso de Espacio Natural Protegido (ENP) afirmativo.
ENP_NOMBRE	Nombre/s (y código/s si procede) del espacio natural. En caso de Espacio Natural Protegido afirmativo.
PESTAÑA: DATOS PARA LA CLASIFICACIÓN FORMAL	
TURBA	Capa continua de turba de al menos 30 cm de espesor Posibles valores: Sí o No.
ESCESP	Escala espacial del enclave. En caso de TURBA= Sí → dos posibles valores: macrotopo o mesotopo.
OAGUA	Origen del agua. En caso de TURBA= Sí. → dos posibles valores: minerogénico u ombrogénico.
ARB	Enclave densamente poblado por especies arbóreas autóctonas de germinación espontánea En caso de TURBA= Si → posibles valores: Sí o No.
SUELOROC	Capa continua de suelo (orgánico o mineral) de al menos 15 cm de espesor En caso de TURBA= No → posibles valores: Sí o No.



Código del campo	Nombre del campo y descripción
CONECT	Conectividad con otro tipo de hábitat de turbera o paraturbera En caso de TURBA= No → dos posibles valores: Sí o No.
OAGUADES	Descripción origen del agua. Descripción del origen y el tipo de las fuentes de agua del enclave. <small>Continúa en la siguiente página ►</small>
LIT	Litología.
PHAGUA	pH del agua. Descripción de los valores disponibles para el pH del agua con indicación de las fuentes de datos.
PHAGUAADJ	pH del agua (ficheros). Posibles valores: Sí o No.
PHSUELO	pH del suelo. No aparece en caso de SUELOROC= No. En todos los demás casos sí. Tiene dos posibles valores: pH < 5.5 y pH > 5.5.
PHSUELOOBS	Descripción de las fuentes para el pH del suelo. No aparece en caso de SUELOROC= No. En todos los demás casos sí. Descripción de los valores disponibles para el pH del suelo, así como descripción de los métodos en caso de no existir referencias bibliográficas. Indicación de fecha de medida, laboratorio donde fue medida, persona responsable del dato, etc.
PHSUELOADJ	pH del suelo (ficheros). No aparece en caso de SUELOROC= No. En todos los demás casos sí. Posibles valores: Sí o No.
CSUELO	Contenido de carbono de referencia. No aparece en caso de SUELOROC= No. En todos los demás casos sí. Tiene tres posibles valores: > 15%, 8-15%, < 8%.
CSUELODESC.	Descripción de las fuentes para el contenido de carbono. No aparece en caso de SUELOROC= No. En todos los demás casos sí. Campo de texto destinado a la indicación de la/s fuente/s consultadas para la obtención de los datos de carbono, así como descripción de los métodos en caso de no existir referencias bibliográficas. Indicación de fecha de medida, laboratorio donde fue medida, persona responsable del dato, etc.
CSUELOADJ	Contenido de carbono (ficheros). No aparece en caso de SUELOROC= No. En todos los demás casos sí. Posibles valores: Sí o No.
PESTAÑA: CLASIFICACIÓN	
CLASFORM	Clasificación formal. Cúbrase solo en caso de disponer de los datos necesarios para hacer la tipificación según el presente documento.
CLASTENT*	Clasificación tentativa*. Al nivel de tipificación de mayor certidumbre con los datos disponibles. Este campo debe aparecer solo en el caso de CLASFORM= Por clasificar.
CLASOBS	Observaciones acerca de la clasificación.
SUBAPARTADO: EQUIVALENCIAS	
CODHABUE	Código Directiva Hábitats.
CODCORINE	Código CORINE (<i>Coordination of Information on the Environment</i>).
CODEUNIS	Código EUNIS (<i>European Nature Information System</i>).
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
REFS	Referencias bibliográficas. Relación de publicaciones científicas relacionadas con el enclave si las hubiese.



Hasta la fecha se han incluido en el inventario un total de 705 enclaves (Figura 2) distribuidos en siete comunidades autónomas: Galicia (54), Cantabria (387), Cataluña (87), Castilla y León (41), Madrid (26), Castilla-La Mancha (106) y Extremadura (4). En la actualidad se está trabajando no solo para incluir nuevos enclaves de estas comunidades autónomas sino del resto, donde sin duda quedan muchos enclaves por añadir. Así mismo, es de gran importancia tipificar cada uno de los enclaves presentes en el inventario, cartografiar su perímetro y dar una estima de la superficie ocupada propuesta en el presente trabajo. En un futuro sería ideal usar estos enclaves para medir su 'Estructura y función' y 'Perspectivas futuras' (ver Silva-Sánchez *et al.* 2019a y Silva-Sánchez *et al.* 2019b, respectivamente) para en última instancia caracterizar el estado de conservación de los tipos de hábitat turbosos en el territorio nacional.

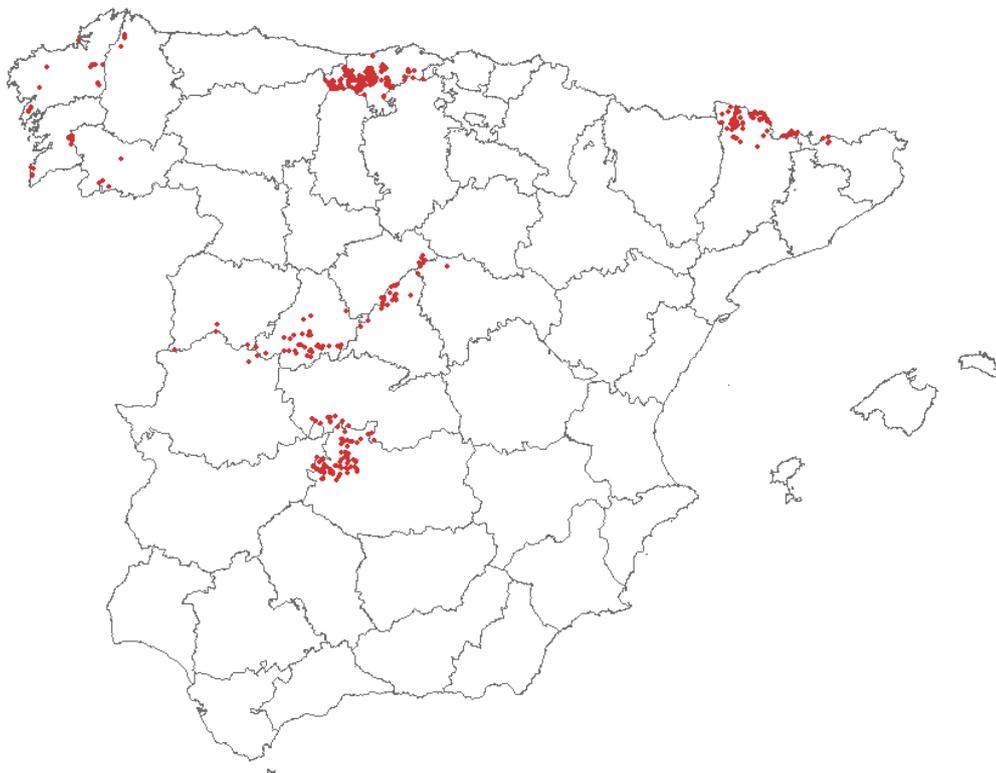


Figura 2 Mapa con la distribución de los enclaves turbófilos incluidos en el inventario. Fuente: elaboración propia a partir del inventario de enclaves.



6. REFERENCIAS

DG Environment. 2017. Reporting under Article 17 of the Habitats Directive: Explanatory notes and guidelines for the period 2013-2018. Final version, May 2017. Compiled by the European Environment Agency (EEA) and its European Topic Centre on Biological Diversity (ETC/BD). Brussels. 188 pp.

European Commission 2005. Assessment, monitoring and reporting of conservation status – Preparing the 2001-2006 report under Article 17 of the Habitats Directive. Note to the Habitats Committee, DG Environment, Brussels, 15 March 2005. Doc.Hab.-04-03/03 rev.3.

European Commission. 2011. Assessment and reporting under Article 17 of the Habitats Directive. Explanatory Notes & Guidelines for the period 2007-2012. Final version, July 2011. Compiled by Evans D & Arvela M. European Topic Centre on Biological Diversity. <https://circabc.europa.eu/sd/a/2c12cea2-f827-4bdb-bb56-3731c9fd8b40/Art17-Guidelines-final.pdf>

European Commission. 2013. Interpretation Manual of European Union Habitats - EUR28. DG Environment, Nature ENV B.3, European Commission. 144 pp.

Martínez-Cortizas A, Silva-Sánchez N, Pontevedra-Pombal X, Souto M & García-Rodeja E. 2019. Establecimiento de una tipología específica de tipos de hábitat herbáceos con componente turbófilo. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 51 pp.

Pontevedra-Pombal X, Nóvoa-Muñoz J C & Martínez-Cortizas A. 2008. Peat. pp: 510–511. In: Chesworth W (ed.) Encyclopedia of Soil Science. Springer. Dordrecht.

Silva-Sánchez N, Martínez-Cortizas, A, García-Rodeja E., Pontevedra-Pombal X & Souto M. 2019. Selección y descripción de variables ecológicas que permitan diagnosticar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los diferentes tipos de hábitat herbáceos con componente turbófilo (paraturberas y tremedales mesoeutróficos). Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 76 pp.

Silva-Sánchez N, Martínez-Cortizas A, García-Rodeja E, Pontevedra-Pombal X & Souto M 2019. Descripción de procedimientos para estimar las presiones y amenazas que afectan o pueden afectar al estado de conservación de cada tipo de hábitat herbáceo con componente turbófilo (paraturberas y tremedales mesoeutróficos). Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 20 pp.