



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)

Noemí Silva Sánchez  
Antonio Martínez Cortizas



Madrid, 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)





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 Martín<sup>1</sup>

#### **Realización y producción**

Tragsatec

#### **Coordinación general**

Elena Bermejo Bermejo<sup>2</sup>

Juan Carlos Simón Zarzoso<sup>2</sup>

David Sánchez Pescador<sup>2,3</sup>

#### **Coordinación del equipo técnico**

Noemí Silva Sánchez<sup>2,4</sup>

Antonio Martínez Cortizas<sup>4</sup>

#### **Autores**

Noemí Silva Sánchez<sup>2,4</sup>

Antonio Martínez Cortizas<sup>4</sup>

#### **Coordinación y revisión editorial**

Jara Andreu Ureta<sup>2</sup>

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Dirección General de Biodiversidad y Calidad Ambiental. Ministerio para la Transición Ecológica

<sup>2</sup> Tragsatec. Grupo Tragsa

<sup>3</sup> Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)

<sup>4</sup> Departamento de Edafología e Química Agrícola. Universidade de Santiago de Compostela

#### **A efectos bibliográficos la obra debe citarse como sigue:**

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.

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

<b>1. ANTECEDENTES .....</b>	<b>7</b>
<b>2. ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE LAS PARATURBERAS.....</b>	<b>8</b>
2.1. Estructura de las paraturberas.....	8
2.2. Funciones de las paraturberas.....	8
2.2.1. Función de soporte de la biodiversidad.....	8
2.2.2. Funciones de regulación ambiental .....	9
2.2.3. Funciones productivas.....	10
2.2.4. Función de archivo ambiental .....	10
2.2.5. Función cultural.....	11
2.3. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de las paraturberas a escala local .....	11
2.3.1. Estrategia de inspección y muestreo.....	15
2.3.2. Descripción de los factores extrínsecos e intrínsecos.....	16
2.3.3. Sistema integrado de evaluación a escala local (SIE <sub>L</sub> ) .....	27
2.3.4. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de las paraturberas a escala de región biogeográfica .....	30
<b>3. ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE LOS TREMEDALES MESOEUTRÓFICOS .....</b>	<b>30</b>
3.1. Estructura de los tremedales mesoeutróficos.....	30
3.1.1. Estructura vertical.....	30
3.1.2. Estructura horizontal (cubierta vegetal) .....	31
3.1.3. Estructura horizontal (turbera).....	32
3.2. Funciones de los tremedales mesoeutróficos.....	32
3.2.1. Función de soporte de la biodiversidad.....	32
3.2.2. Funciones de regulación ambiental .....	33
3.2.3. Funciones productivas.....	34
3.2.4. Función de archivo ambiental .....	34
3.2.5. Función cultural.....	34
3.3. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos a escala local .....	35
3.3.1. Estrategia de inspección y muestro .....	42
3.3.2. Descripción de factores extrínsecos e intrínsecos.....	45
3.3.3. Sistema integrado de evaluación a escala local (SIE <sub>L</sub> ) .....	63

3.3.4. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos a escala de región biogeográfica .....	67
<b>4. REFERENCIAS .....</b>	<b>68</b>
<b>ANEXO I. Ficha de valoración anual en campo de factores que condicionan el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' en el caso de paraturberas (parámetros obligatorios).....</b>	<b>70</b>
Factores extrínsecos valorativos .....	70
Factores extrínsecos informativos.....	70
Factores intrínsecos informativos.....	71
<b>ANEXO II: Ficha de valoración anual de factores que condicionan el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' en el caso de los tremedales mesoeutróficos.....</b>	<b>72</b>
Factores intrínsecos valorativos .....	72
Factores extrínsecos valorativos .....	72
Factores extrínsecos informativos (con efectos indirectos sobre el tremedal vía cuenca).....	74
Factores intrínsecos potencialmente informativos.....	75



## 1. ANTECEDENTES

El presente trabajo se enmarca en un proyecto más amplio cuyo objetivo general es determinar, formalizar y detallar los procedimientos aplicables para monitorizar y evaluar, a nivel estatal y de región biogeográfica, el estado de conservación y las tendencias de los tipos de hábitat presentes en el territorio nacional. Todo ello con el fin de establecer un sistema estatal de seguimiento, con atención preferente a los tipos de hábitat de interés comunitario (THIC) incluidos en la Directiva Hábitats<sup>1</sup> y en el anexo I de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. En concreto, este trabajo se centra en todos los tipos de hábitat herbáceos con componente turbófilo, incluyendo tanto las áreas pantanosas calcáreas como los medios paraturbosos. El objetivo básico del sistema de seguimiento de los tipos de hábitat herbáceos con componente turbófilo es proporcionar la información necesaria para diagnosticar, de forma periódica, el estado de conservación de esos tipos de hábitat. El estado de conservación se determina a escala de región biogeográfica teniendo en consideración la denominada Matriz General de Evaluación de los THIC, establecida por la Comisión Europea (European Commission 2011<sup>2</sup>; DG Environment 2017<sup>3</sup>). Dicha matriz contiene los criterios y los umbrales de referencia para evaluar el estado de conservación a través del diagnóstico de los siguientes parámetros: a) área de distribución (o rango) del tipo de hábitat, b) superficie ocupada por el tipo de hábitat dentro de su área de distribución, c) estructura y funcionamiento y las especies típicas del tipo de hábitat, y d) perspectivas futuras de conservación del tipo de hábitat evaluado, mediante una estimación de las presiones y amenazas que le afectan.

En concreto, el principal objetivo de este trabajo es la definición de unos métodos que permitan diagnosticar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' para los tipos de hábitat paraturbosos y los tremedales mesoeutróficos, tanto a escala local como a escala de región biogeográfica. Los tremedales, turberas minerotróficas de mesotróficas a eutróficas, se incluirían en el amplio grupo de las áreas pantanosas calcáreas del medio continental, excluyéndose, por tanto, aquellos tipos de hábitat característicos del medio acuático (sería el caso de los masegares acuáticos) y del medio continental, desarrollados en condiciones de hidromorfía sobre suelos esencialmente minerales, que no poseen turba o la poseen con un espesor insuficiente; estos pasan a formar parte de los sistemas paraturbosos o paraturberas. Puesto que los tremedales mesoeutróficos son en realidad un tipo más de turbera y resultan ser fisionómicamente muy similares a los tremedales ácidos, para la elaboración de este documento se han adaptado en la medida de lo posible los procedimientos previamente desarrollados para los tipos de hábitat de turberas ácidas (Silva-Sánchez *et al.* 2019).

En la actualidad, otros Estados miembro han presentado ya sus propuestas para evaluar el estado de conservación del parámetro de 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos. Entre ellos destacan sin duda el reciente trabajo de Wolejko *et al.* (2019) para Polonia, donde este tipo de hábitat es especialmente abundante. Al igual que la propuesta que aquí se presenta, Wolejko *et al.* (2019)

---

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

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

<sup>3</sup> [http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats\\_art17](http://cdr.eionet.europa.eu/help/habitats_art17)



propone un enfoque ecosistémico basado en la monitorización de aspectos transversales como la vegetación, el pH, la hidrología y la extracción de turba.

## 2. ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE LAS PARATURBERAS

### 2.1. Estructura de las paraturberas

Si bien en los tipos de hábitat de turbera se aprecia una clara estratificación tanto en la vertical como en la horizontal, en los medios paraturbosos, al desarrollarse sobre suelos con turba de un espesor muy limitado o directamente sobre suelos minerales o roca, no se puede apreciar una estratificación vertical comparable. Sin embargo, en buena parte de los tipos de hábitat paraturbosos (en particular en los definidos como euparaturbosos) es posible encontrar patrones superficiales similares a los de las turberas, en los que se aprecian zonas más elevadas del terreno (*hummocks*), donde el encharcamiento es menor, y zonas más bajas (*hollows*), donde se acumula el agua.

### 2.2. Funciones de las paraturberas

Uno de los aspectos que nos ha llevado a considerar la necesidad de establecer una tipología de tipos de hábitat paraturbosos es precisamente que las paraturberas presentan parte de las funciones ecológicas de las auténticas turberas. En Silva-Sánchez *et al.* (2019) se describen pormenorizadamente las funciones ecológicas de las turberas ácidas. Estas incluyen la función de soporte de la biodiversidad, funciones de regulación ambiental climática, hidrológica y química, funciones productivas, la función de archivo ambiental y la función cultural.

Las paraturberas se definen fundamentalmente por la presencia de hidromorfía prolongada y una vegetación característica de turbera y, al contrario de lo que ocurre en las auténticas turberas, apenas hay requerimientos de tipo edáfico, admitiéndose espesores del suelo, grado de acidez y contenido en materia orgánica muy variables. Por ello, aunque en general todos los tipos de paraturbera tienen un papel importante como reservorios de biodiversidad, son muy heterogéneas en lo que respecta a aquellas funciones directamente relacionadas con las condiciones edáficas del tipo de hábitat, como pueden ser la capacidad de retención de agua o la captación de contaminantes. En las líneas que siguen se analiza en qué medida las funciones ambientales de las turberas son también realizadas por las paraturberas y cómo la ausencia de turba afecta al cumplimiento de dichas funciones ambientales.

#### 2.2.1. Función de soporte de la biodiversidad

Esta función está relacionada con la capacidad para albergar distintas formas de vida. Al igual que en las turberas, en las paraturberas la diversidad de especies puede considerarse relativamente baja en comparación con otros ecosistemas terrestres no húmedos de la misma zona biogeográfica. No obstante, estos tipos de hábitat tienen una alta proporción de especies características que los convierte en importantes reservorios de biodiversidad (Minayeva *et al.* 2008) y en ecosistemas únicos y complejos



con una gran importancia para la conservación de la biodiversidad, tanto a nivel de ecosistema como a nivel de especie y genético.

### 2.2.2. Funciones de regulación ambiental

Estas funciones están relacionadas con la capacidad para regular aspectos ambientales a escalas globales, regionales y/o locales. Buena parte de las funciones de regulación ambiental de las turberas están directamente relacionadas con la presencia de turba por lo que este bloque de funciones será uno de los que más distancie funcionalmente a las paraturberas de las auténticas turberas.

- **Regulación del clima global:** esta es sin lugar a dudas una de las funciones que más distancia a las turberas de las paraturberas. Las turberas, al poseer un suelo orgánico de al menos 30 cm de espesor –si bien puede alcanzar varios metros de profundidad muchos casos– juegan un papel fundamental en la regulación del clima global. En las turberas, la biomasa vegetal muerta, debido a las condiciones de encharcamiento y falta de oxígeno, apenas se descompone, acumulándose en forma de turba. Esto hace que sean uno de los mayores reservorios de carbono orgánico en la biosfera terrestre. En las euparaturberas este proceso es todavía incipiente, mientras que en las mineroparaturberas y las pseudoparaturberas, existen condicionantes ambientales que hacen que la mineralización de la materia orgánica sea mayor y no permita la acumulación de turba, por lo que, aunque exista secuestro de carbono, mayor en las mineroparaturberas que en las pseudoparaturberas, este nunca va a igualar al que tiene lugar en las auténticas turberas.
- **Regulación del clima regional/local:** las paraturberas, al igual que las turberas, al ser ecosistemas húmedos tienen influencia en las condiciones climáticas locales y regionales a través de la evapotranspiración y su consiguiente alteración de las condiciones de temperatura y humedad. Sin embargo, el espesor del suelo y su contenido en materia orgánica (indirectamente relacionado con la porosidad y la permeabilidad del suelo) van a influenciar la capacidad de mantenimiento de esta función ecológica.
- **Regulación hidrológica:** la diversidad de condiciones reflejadas por los tipos de hábitat paraturbosos implica cierta complejidad a la hora de determinar esta función. Por un lado, las euparaturberas tendrán un comportamiento similar al de las turberas, desempeñando un rol fundamental en aspectos relacionados con el almacenamiento, regulación y control de la calidad del agua de las cuencas en las que se encuentran. Sin embargo, en el resto de tipos de hábitat paraturbosos, si bien la presencia de agua es esencial, esta está controlada por factores locales dependientes de la litología, las formas del terreno, así como el espesor y tipo de suelo.
- **Regulación química - filtración/retención:** las paraturberas, aunque con menor eficacia que las turberas, presentan un gran potencial como sistemas de regulación de la calidad de las aguas. En las turberas, la calidad del agua depende de cómo esta se mueva en el sistema y de cómo interaccione con la turba pero, en general, se consideran sistemas eficaces en la captura de cationes metálicos contaminantes como por ejemplo plomo o cobre. Respecto al carbono, o nutrientes como el nitrógeno o el fósforo, el tipo de turbera, el nivel freático o el tiempo de residencia del agua determinarán la liberación de estos elementos a los cursos de agua próximos. La capacidad de las paraturberas para atraer iones positivos mediante distintos



procesos de complejación o quimiosorción es directamente dependiente de la cantidad de materia orgánica del suelo, que tiene carga negativa. En las euparaturberas, aunque existe una capa de turba, y por lo tanto la potencialidad para retener iones con carga positiva, esta es de un espesor muy limitado, lo que condicionará la eficacia del sistema en la filtración y retención. En las mineroparaturberas, aunque el contenido en materia orgánica es relativamente alto para un suelo mineral al uso, este sigue siendo menor que el de una turbera, por lo que el espesor del suelo y su porosidad serán factores clave. En las pseudoparaturberas podría decirse que su capacidad para la regulación de la calidad de las aguas es comparable a la de cualquier otro ecosistema no afín a las turberas.

### 2.2.3. Funciones productivas

Estas funciones están relacionadas con la capacidad de proveer recursos y materias primas explotables por parte del ser humano.

- **Turba-ex situ:** las únicas paraturberas que poseen una capa de turba son las euparaturberas, pero, incluso en estas, el espesor de la misma es muy limitado (menor de 30 cm) por lo que pueden no resultar rentables para su explotación comercial.
- **Turba-suelo in situ:** *in situ* la turba (o los suelos hidromorfos) también puede usarse como sustrato para horticultura. Al igual que en el caso de las turberas, por las condiciones climáticas dominantes, en los tipos de hábitat de paraturbera la variedad de cultivos posibles es limitada y en la mayoría de los casos se reduce a pequeños arbustos con interés frutícola, como los arándanos.
- **Plantas silvestres:** la vegetación de las paraturberas no difiere de la de las turberas por lo que potencialmente tiene el mismo interés y los mismos usos que la de las turberas: cama y forraje para ganado, utilidad comercial en alimentación, farmacología, cosmética, etc.

### 2.2.4. Función de archivo ambiental

Esta función está relacionada con la capacidad para registrar tanto su propia historia evolutiva como otros aspectos de la historia ecológica de escala regional e incluso global. Debido a sus propiedades físico-químicas y a su modo de producción y acumulación de turba, estos ecosistemas contienen indicadores, tanto bióticos (macrorrestos vegetales, polen, tecamebas, etc.) como abióticos (elementos litogénicos, contaminantes metálicos, etc.), que van quedando inmovilizados y enterrándose progresivamente a medida que el depósito de turba crece en espesor, construyendo un registro de los cambios ambientales y antropológicos del pasado. Las paraturberas, potencialmente, pueden servir de archivos ambientales al igual que las turberas. Sin embargo, conviene hacer ciertas matizaciones al respecto. Por ejemplo, las euparaturberas, aunque tienen turba, debido a su limitado espesor es probable que solo hayan registrado la historia ambiental de unos pocos cientos de años. Por el contrario, las mineroparaturberas, especialmente aquellas con los contenidos de carbono más altos y con espesores del suelo considerables, presentan de entre todas las paraturberas las aptitudes más favorables para haber actuado como archivos ambientales.



### 2.2.5. Función cultural

Esta función está relacionada con los valores culturales y recreacionales que los tipos de hábitat paraturbosos tienen y han tenido a lo largo de la historia. En este sentido, resulta difícil diferenciar el papel que han tenido las turberas y las paraturberas. En lo que respecta a los valores relacionados con el aprovechamiento de la turba, las diferencias están claras, pues en las paraturberas esta es escasa o ausente. Sin embargo, en todo a lo que respecta a su papel como enclaves hidromorfos, a la explotación de la vegetación, la fauna, etc. no es posible diferenciar ambos tipos de ecosistemas.

## 2.3. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de las paraturberas a escala local

La evaluación del parámetro 'Estructura y función' de los ecosistemas es fundamental para determinar su estado de conservación. En este trabajo se pretende seguir la filosofía de trabajo empleada en "Bases ecológicas para la gestión de turberas ácidas de esfagnos (71 *Sphagnum acid bogs*)" (Martínez-Cortizas *et al.* 2009), y en Silva-Sánchez *et al.* (2019), documento relativo a la evaluación del parámetro 'Estructura y función' de las turberas ácidas. Sin embargo, cabe resaltar la limitada disponibilidad de bases de datos con información de medidas rutinarias de variables específicas de turberas ácidas, las cuales tienen además un claro sesgo geográfico. Estas limitaciones son aún mayores en el caso concreto de las paraturberas. Además de que no existen en absoluto determinaciones rutinarias previas, la gran heterogeneidad de ambientes físico-químicos que presenta el conjunto de los tipos de hábitat de paraturbera dificulta la adaptación directa de las medidas propuestas para turberas ácidas al conjunto de las paraturberas.

En los tipos de hábitat de paraturbera, al igual que en las turberas ácidas, la determinación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' se basa en la determinación de una serie de factores extrínsecos e intrínsecos relativamente variados (Silva-Sánchez *et al.* 2019). De manera general, se definían unos factores extrínsecos, más fácilmente identificables en el campo, *de visu*, y unos factores intrínsecos que, con excepción del pH y la conductividad eléctrica, que son fácilmente medibles en campo con equipos portátiles, requerirían de la toma de muestras y la aplicación de metodologías analíticas en laboratorio. El planteamiento del método se basa además en que los factores extrínsecos e intrínsecos son interdependientes, de modo que, en algunos casos, los factores intrínsecos son variables diagnósticas del estado de los factores extrínsecos. Todos los factores extrínsecos a considerar en turberas ácidas son de aplicación para las paraturberas. Sin embargo, algunos de los factores intrínsecos medibles en la fase suelo para la determinación del estado del parámetro 'Estructura y función' de turberas ácidas no son aquí de aplicación, o lo son tan solo para algunos subtipos de paraturberas. Esto se debe a que, a nivel edáfico, las paraturberas presentan una gran variabilidad tipológica.

En el caso de las paraturberas, por las limitaciones comentadas en los párrafos anteriores, y con el fin de elaborar un sistema de evaluación viable, el conjunto de variables con peso real para la determinación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' atenderá fundamentalmente a la comprobación de que los requisitos para la catalogación del tipo de hábitat como paraturbera se cumplen. Los principales factores diagnósticos de las paraturberas son la existencia de hidromorfía y una vegetación característica del tipo de hábitat de turberas. Por eso, los criterios a emplear para



determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de paraturberas, con independencia del subtipo de paraturbera a considerar, serán la determinación del cumplimiento de que la mayor parte del enclave mantiene esa vegetación característica de turbera, así como la ausencia de drenajes artificiales. No obstante, se recomiendan como optativas muchas de las variables que se empleaban en turberas ácidas.

En la Tabla 1 se presentan los factores extrínsecos a tener en cuenta para la evaluación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de paraturberas. Dentro de ellos se distinguirán aquellos que son valorativos, es decir, aquellos que tienen peso en el Sistema integrado de evaluación local (SIE<sub>L</sub>), como son los relativos al mantenimiento de la vegetación característica y la ausencia de drenajes, y aquellos que tienen un valor meramente informativo. En relación a la vía de afección a la paraturbera, se distinguen aquellos con una acción directa sobre la misma (que serán de determinación obligatoria) de aquellos que afectan vía cuenca (que se proponen como de determinación optativa). Ejemplos de perturbaciones con acción directa, distintos de la modificación de la vegetación o la presencia de drenajes artificiales, serían, por ejemplo, los incendios, la ocupación del tipo de hábitat con infraestructuras como carreteras y caminos o aerogeneradores, la presencia de una carga ganadera excesiva o la fertilización para favorecer la transformación a pastos. Ciertas perturbaciones ambientales de carácter general, como la contaminación atmosférica o el cambio climático inducido, aunque son más difíciles de valorar, podrían afectar al parámetro 'Estructura y función' en las paraturberas y, por ello, también se mencionan. En algunos casos, cuando la situación topográfica de la paraturbera en zonas bajas del terreno la hace dependiente de los fenómenos que están ocurriendo en otras zonas de la cuenca, es posible que hayan de ser consideradas no solo las modificaciones a nivel de enclave, sino también las modificaciones que ocurran a nivel de cuenca. Por ejemplo, variaciones del régimen hidrológico, la contaminación de aguas superficiales, la erosión, la fertilización o la contaminación de los suelos de la cuenca, además de la deforestación o el cambio de uso de la misma, pueden suponer cambios en el estado trófico y limitaciones para el mantenimiento de las funciones de los tipos de hábitat paraturbosos.

Dentro de los factores intrínsecos (Tabla 2), se distinguen aquellos que hacen referencia a las propiedades del suelo como el pH del suelo; a las propiedades del agua, como el pH del agua o la conductividad eléctrica; o a las propiedades biológicas, como las comunidades de tecamebas o la actividad microbiana funcional, que están empezando a tener relevancia en el campo de la investigación y podrían ser de utilidad en un futuro, aunque de momento, debido a la falta de información sistemática, no pueden ser consideradas plenamente. En el caso de que exista una capa de suelo orgánico de al menos 15 cm de espesor, es decir, en el caso de las euparaturberas o perieuparaturberas, se propone también la determinación opcional de propiedades de la turba como su densidad o el contenido en cenizas, así como la determinación de la relación C/N, el contenido de N, P o Ca o la determinación de sulfatos, nitratos y fosfatos en el agua.



**Tabla 1** Factores extrínsecos considerados para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tipos de hábitat paraturbosos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** Grado de obligatoriedad= obligatorio (o, denotado en negrita); optativo (op); 'o (si aplicable)', en caso de que se pueda determinar su valoración será de carácter obligatorio (p. ej. podrá haber extracción de turba solo si la mineroparaturbera tiene una capa continua de turba); 'op (si aplicable)', en caso de que se pueda determinar su valoración será de carácter optativo (p. ej. podrían valorarse efectos indirectos vía cuenca cuando la situación topográfica de la paraturbera en zonas bajas del terreno la hace dependiente de los fenómenos que están ocurriendo en otras zonas de la cuenca); no aplicable (x). Tipo de factor= métrico (m), semicuantitativo (sc), cualitativo (c). Significado= estructural (e), funcional (f). Intervalo de medición= anual (a), bianual (ba). '-' (no se dispone de metodologías estandarizadas y/o no se tienen valores de referencia).

			Grado de obligatoriedad				Tipo de factor	Significado	Intervalo de medición	Unidades	
			Euparaturberas	Mineroparaturberas	Pseudoparaturberas	Esfagnales					
Factores extrínsecos	Efectos directos	Valorativos	Drenaje artificial	o	o	o	-	sc	e/f	a	
			Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	o	o	o	o	sc/m	f	a	%
		Informativos	Extracción de turba	o	o (si aplicable)	x	x	c	e/f	a	-
			Incendios	o	o	o	o	c	e/f	a	-
			Ocupación con infraestructuras	o	o	o	o	c	e/f	a	-
			Carga ganadera	o	o	o	o	c	e/f	a	-
	Fertilización	o	o	o	o	c	e/f	a	-		
	Efectos indirectos (informativos)	Vía atmósfera	Contaminación atmosférica	-	-	-	-	m	f	-	g/año·m <sup>2</sup>
			Cambio climático inducido	-	-	-	-	-	f	-	-
		Vía cuenca	Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	sc	e/f	a/ba	-
			Contaminación de aguas superficiales	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	m	e/f	a/ba	-
			Erosión de los suelos de la cuenca	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-
			Contaminación de suelos	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-
Fertilización de los suelos de la cuenca			op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	c	e/f	a	-	
Deforestación y cambio de uso en la cuenca	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	op (si aplicable)	c	e/f	a	-			



**Tabla 2** Factores intrínsecos considerados para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tipos de hábitat paraturbosos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** Grado de obligatoriedad= obligatorio (o, denotado en negrita); optativo (op); no aplicable (x). Tipo de factor= métrico (m), semicuantitativo (sc), cualitativo (c). Significado= estructural (e), funcional (f). Intervalo de medición= anual (a), trianual (t). Tipo de muestreo= puntual (p), transecto (t), aleatorio (a). '-' (no se dispone de metodologías estandarizadas y/o no se tienen valores de referencia).

	Grado de obligatoriedad				Tipo de factor	Significado	Intervalo de medición	Tipo de muestreo	Unidades
	Eu y peri-euparaturberas	Minero y periminero-paraturberas	Peripseudo-paraturberas	Esfagnales					
<b>Propiedades del suelo (informativas)</b>									
pH del suelo (en campo)	o	o	o	x	m	f	a	p/t/a	-
pH del suelo (en laboratorio)	o	o	o	x	m	f	t	p/t/a	-
<b>Propiedades del suelo (potencialmente informativas)</b>									
Densidad de la turba	op	x	x	x	m	e	t	p/t/a	g/cm <sup>3</sup>
Contenido en cenizas	op	x	x	x	m	e	t	p/t/a	%
Carbono	op	x	x	x	m	e	t	p/a	-
Nitrógeno	op	x	x	x	m	e	t	p/a	%
Potasio	op	x	x	x	m	e	t	p/a	%
Calcio	op	x	x	x	m	e	t	p/a	%
<b>Propiedades del agua (potencialmente informativas)</b>									
pH del agua (en campo)	op	op	op	x	m	f	a	p/a	-
pH del agua (en laboratorio)	op	op	op	x	m	f	t	p/a	-
Conductividad eléctrica (en campo)	op	op	op	x	m	f	a	p/a	mS/cm
Conductividad eléctrica (en laboratorio)	op	op	op	x	m	f	t	p/a	mS/cm
Sulfato	op	x	x	x	m	f	t	p/a	mg/l
Nitrato	op	x	x	x	m	f	t	p/a	mg/l
Fosfato	op	x	x	x	m	f	t	p/a	mg/l
<b>Propiedades biológicas (potencialmente informativas)</b>									
Actividad microbiana funcional	-	-	-	-	m	e/f	t	p/a	-



## 2.3.1. Estrategia de inspección y muestreo

### Estrategia de inspección

Buena parte de los factores extrínsecos, especialmente aquellos con efectos directos, como serían el drenaje artificial (presencia de zanjas), la extracción de turba, la ocupación del tipo de hábitat con infraestructuras o los incendios, son relativamente fáciles de reconocer *de visu* en el campo. Para la evaluación de la presencia y el grado de afección de los factores extrínsecos se recomienda la utilización de la plantilla del Anexo I. Seguramente la mayor parte de las paraturberas de España tengan unas dimensiones reducidas que permiten la inspección visual recorriendo su perímetro y haciendo transectos a lo largo de las mismas. En los casos en los que esto no fuese posible, puede recomendarse la inspección desde zonas altas de terreno o incluso el uso de drones.

### Estrategia de muestreo (factores intrínsecos – turba)

La presencia de afecciones visibles en el enclave ha de ser un criterio que influirá en la estrategia de toma de las muestras sobre las que se llevará a cabo la determinación de los factores intrínsecos. Cuando no haya afecciones visibles en superficie el muestreo será de tipo aleatorio, mientras que en el caso de que sí haya afecciones visibles habrían de tomarse muestras tanto en el área afectada como en las áreas no afectadas. Si el área afectada fuese relativamente limitada podrían, por ejemplo, tomarse muestras puntuales en la misma y muestras aleatorias en el área no afectada; mientras que, si el área afectada fuese mayor, sería aconsejable hacer un muestreo aleatorio en ambas. En este tipo de situaciones también podría ser recomendable tomar muestras a lo largo de un transecto que vaya desde el área afectada a un área aparentemente no afectada para evaluar dónde termina la afección.

Como criterio general, en cada toma de muestras se recomienda muestrear al menos los 15 cm superficiales (excluyendo la vegetación de la superficie) empleando para ello una barrena. Como norma general, las determinaciones analíticas se realizarán valorando en el conjunto de testigos en profundidad el promedio de los 10-15 cm superiores excluida la vegetación de superficie y los 5 cm superiores del suelo.

El número de testigos a tomar dependerá de las dimensiones del enclave y de las afecciones observadas en el mismo. Se recomienda que siempre se tomen un mínimo de tres muestras por enclave, pero este número puede resultar insignificante en sistemas de gran extensión o en sistemas de escasa extensión con zonas diferenciadas en función de sus afecciones. Por ello, proponemos que, manteniendo el mínimo de tres muestras en paraturberas sin afecciones y con un área máxima de 10 000 m<sup>2</sup>, en paraturberas sin afecciones y con un área mayor el número de muestras se calcule según la siguiente fórmula:  $n = a / 10\,000 \times 3$ , donde 'n' es el número de muestras y 'a' el área de la turbera en m<sup>2</sup>.

Bajo supervisión y en condiciones concretas se podría recomendar el muestreo de testigos de mayor profundidad de los 10 cm recomendados, en el contexto de la determinación del estado de conservación, para evaluar cambios en la vertical a nivel de estructura y propiedades.



## Estrategia de muestreo (factores intrínsecos – aguas)

Para el muestreo de aguas ha de optarse por el análisis de aquella presente en las pequeñas charcas superficiales del enclave. Se anotará junto con la medida, las condiciones hídricas en las que fue tomada la muestra. Es decir, si cuando se tomó la muestra había llovido hacía poco, si por el contrario fue durante un periodo de cierta sequía, etc. En general, se recomienda que el muestreo de aguas se efectúe un par de días después de un evento de lluvia para asegurar encontrar charcos superficiales. Sin embargo, dado que existe una falta de información sistemática a este respecto, no podría descartarse un efecto de dilución si las muestras de agua se toman en periodos de elevadas precipitaciones.

### 2.3.2. Descripción de los factores extrínsecos e intrínsecos

En las líneas que siguen se hace una descripción de cada una de las propiedades a determinar para el seguimiento del estado de conservación de las paraturberas. Como se ha comentado anteriormente se distinguen, por un lado, los factores extrínsecos (valorativos e informativos) y, por otro, los factores intrínsecos (informativos y potencialmente informativos). Se distinguen para cada uno de estos factores los estados óptimo, subóptimo y malo. También se indica el procedimiento de medición, la métrica utilizada, los valores umbrales y la periodicidad con la que han de ser determinados estos factores.

En las Tablas 3 y 4 se sintetizan los valores umbrales (cuando se dispone de ellos) para la distinción de los estados óptimo, subóptimo y malo de cada uno de los factores propuestos.



**Tabla 3** Valores umbrales para la valoración del estado de los factores extrínsecos (valorativos e informativos) en el caso de los tipos de hábitat paraturbosos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** factores de determinación obligatoria en negrita.

		Óptimo	Subóptimo	Malo	Unidades
<b>Factores extrínsecos</b>	<b>Efectos directos (valorativos)</b>				
	<b>Drenaje artificial</b>	Sin drenajes	-	Con drenajes	
	<b>Cubierta vegetal y transformación de la vegetación</b>	>90% cubierta vegetal característica del tipo de paraturbera	70-90% cubierta vegetal característica del tipo de paraturbera	<70% cubierta vegetal característica del tipo de paraturbera	%
	<b>Efectos directos (informativos)</b>				
	<b>Extracción de turba</b>	Ausente		Presente	
	<b>Incendios</b>	Ausentes	Presentes, pero solo superficiales o afectando a un área <10%	Presentes, con daños tanto en superficie como en profundidad, afectando a más de un 10% del área	%
	<b>Ocupación con infraestructuras</b>	Sin infraestructuras	Infraestructuras con mitigación del daño	Infraestructuras sin mitigación del daño	
	<b>Carga ganadera</b>	Nula o moderada	Media	Alta	
	<b>Fertilización</b>	Sin fertilización		Con fertilización	
	<b>Efectos indirectos vía cuenca (valorativos)</b>				
	Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca	Ausentes	Limitadas	Presentes	
	Contaminación de aguas superficiales	Nula	Baja	Media/alta	
	Erosión de los suelos de la cuenca	Nula/muy baja	Baja/media	Alta	
	Contaminación de los suelos de la cuenca	No evidente		Evidente	
	Fertilización de los suelos de la cuenca	Nula/muy baja	Baja/media	Alta	
	<b>Efectos indirectos vía cuenca (valorativos)</b>				
	Deforestación y cambio de uso en la cuenca	Ausencia	Baja.	Media/alta	
	<b>Efectos indirectos vía atmósfera (potencialmente informativos)</b>				
	Contaminación atmosférica	-	-	-	
	Cambio climático inducido	-	-	-	



**Tabla 4** Valores umbrales para la valoración del estado de los factores intrínsecos (informativos y potencialmente informativos) en el caso de los tipos de hábitat paraturbosos.

Fuente: elaboración propia.

**Nota:** factores de determinación obligatoria en negrita.

		Óptimo	Subóptimo	Malo	Unidades
<b>Factores intrínsecos</b>	<b>Propiedades del suelo (informativas)</b>				
	<b>Acidez - pH del suelo</b>	Dentro del rango establecido para su tipología	Desviación de 0,5 respecto del rango establecido para su tipología	Desviación de más de 0,5 respecto del rango establecido para su tipología	
	<b>Propiedades del suelo (potencialmente informativas)</b>				
	Densidad de la turba (solo eu y perieuparaturberas)	-	-	-	g/cm <sup>3</sup>
	Contenido en cenizas (solo eu y perieuparaturberas)	-	-	-	%
	Carbono (solo eu y perieuparaturberas)	-	-	-	
	Nitrógeno (solo eu y perieuparaturberas)	-	-	-	
	Potasio (solo eu y perieuparaturberas)	-	-	-	%
	Calcio (solo eu y perieuparaturberas)	-	-	-	%
	<b>Propiedades del agua (potencialmente informativas)</b>				
	Acidez - pH del agua	-	-	-	
	Conductividad eléctrica	-	-	-	mS/cm
	Sulfato	-	-	-	mg/l
	Nitrato	-	-	-	mg/l
	Fosfato	-	-	-	mg/l
	<b>Propiedades biológicas (potencialmente informativas)</b>				
Actividad microbiana funcional	-	-	-		



## Factores extrínsecos

Los factores extrínsecos (valorativos) con efectos directos sobre el enclave son:

### ■ Drenaje artificial

- Descripción: se entiende por drenaje cualquier apertura de zanjas de profundidad variable que da lugar a la pérdida de agua del enclave y supone un descenso del nivel freático y un aumento de la aireación. Las paraturberas son por definición ecosistemas húmedos, por lo que las modificaciones del sistema hidrológico afectan de manera directa a su naturaleza. Están sujetas a ciclos naturales en los que su estado hídrico puede verse modificado y pequeños cambios en su estado hídrico son suficientes para producir alternancia en las comunidades vegetales. Sin embargo, cuando este se altera de manera severa, como consecuencia de la apertura de zanjas o drenajes, los daños pueden ser irreversibles.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor se hará mediante inspección visual en campo. Puesto que el mantenimiento del régimen hidrológico de las paraturberas es clave para el mantenimiento de las funciones hidrológicas de la misma, solo se consideran dos posibles estados: con drenajes o sin drenajes.
- Periodicidad: anual.

### ■ Cubierta vegetal y transformación de la vegetación

- Descripción: la existencia de una cubierta vegetal es fundamental para evitar la erosión de las capas superficiales de turba. Del mismo modo, en caso de haber una cubierta vegetal es necesario distinguir si la vegetación dominante es la típica de turberas o si, por el contrario, está dominada por especies cultivadas o por repoblaciones forestales.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor se hará mediante inspección visual en campo y muestreo. El tipo de muestreo más aconsejado es el preferencial, en el cual la ubicación de las parcelas es seleccionada de forma subjetiva, en detrimento de muestreos al azar o sistemáticos que necesitarían más tiempo, trabajo e inversión. Además, se corre el riesgo de que pequeños microhábitats no sean estudiados. Se recomienda un análisis previo de cartografía, para predefinir las distintas unidades ambientales a visitar. En el campo, dentro de una unidad aparentemente homogénea, en lo que respecta a la vegetación, puede darse la necesidad de levantar más de una unidad muestral. Para la identificación de las especies de plantas vasculares se recomienda seguir Flora Ibérica (Castroviejo *et al.* 1986-2012), en el caso de briófitos Flora Briofítica Ibérica (Guerra *et al.* 2007-2018). Todos los muestreos deben incluir briófitos, debido al importante papel que juegan en estos ecosistemas. A parte de un listado de especies se recomienda un estudio de la abundancia en las parcelas muestreadas, usando la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1979). El cuadro de especies de la comunidad ha de contrastarse con la sintaxonomía de las comunidades y los listados de especies comunes definidos en Martínez-Cortizas *et al.* (2019). Este factor se considerará óptimo cuando >90% de la cubierta vegetal sea característica del tipo de paraturbera; subóptimo cuando entre el 70-90% de la cubierta vegetal sea característica del tipo de paraturbera y malo cuando <70% de la cubierta vegetal sea característica del tipo de paraturbera.
- Periodicidad: anual, preferentemente durante el periodo de floración, primavera verano.



Los factores extrínsecos (informativos) con efectos directos sobre el enclave son:

#### ■ Extracción de turba

- Descripción: la extracción comercial de turba, generalmente para su uso como sustrato en horticultura o como combustible, agota un recurso no renovable ya que excede la tasa natural de acumulación. Las paraturberas por no poseer una capa de turba de un espesor mayor a 30 cm son poco susceptibles de ser explotadas para este uso. Sin embargo, en las euparaturberas y las mineroparaturberas que presenten una capa de turba (aún limitada) conviene evaluar este factor.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. Para valorar el grado de afección que supone para la estructura y función de las turberas consideramos que esta variable es dicotómica de modo que si hay extracción de turba el estado de conservación será malo y solo será óptimo si no la hay.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Incendios

- Descripción: en las turberas los incendios suelen estar dominados por fuegos que ocurren de manera muy lenta y sin llama. Este tipo de fuegos pueden mantenerse, aunque haya bajas temperaturas, alta humedad y bajas concentraciones de oxígeno, por lo que pueden durar largos periodos de tiempo (semanas, meses y ocasionalmente incluso más). La combustión con llama, aunque menos común, puede coexistir con la combustión sin llama, y de hecho muy frecuentemente el fuego sin llama da lugar a nuevos focos de fuego con llama. Los fuegos deterioran la estructura vertical y favorecen la degradación de la materia orgánica de la turba, además de afectar a la biodiversidad del sistema. En los medios paraturbosos, aunque la propagación del incendio a lo largo del enclave puede diferir en función de si existe una capa continua de turba o de si el suelo es un suelo mineral, la afección causada por el fuego a nivel de vegetación es comparable a la que ocurriría en turberas.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. Se considerará óptimo cuando no existan evidencias de quema, subóptimo cuando existan evidencias de quema en menos de un 10% de la superficie del enclave y malo cuando estas evidencias sean superiores al 10%.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Ocupación con infraestructuras

- Descripción: la ocupación de los tipos de hábitat de turbera con infraestructuras como carreteras, aerogeneradores, etc., puede suponer intensas modificaciones del circuito hidrológico, favoreciendo la desecación y, por lo tanto, afectando a la biodiversidad que contienen.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. Se considerará óptimo cuando haya una ausencia de infraestructuras, subóptimo cuando las infraestructuras presentes han sido instaladas con métodos de mitigación de daño (p. ej. geotextiles) y malo cuando exista presencia de infraestructuras sin mitigación del daño.
- Periodicidad: anual.



### ■ **Carga ganadera**

- Descripción: una carga ganadera moderada puede no tener efectos importantes en el estado de conservación de una paraturbera. De hecho, un uso tradicional de estos ambientes es precisamente el de pastos o abrevaderos para el ganado. Sin embargo, una carga ganadera elevada puede tener efectos negativos en la viabilidad de estos tipos de hábitat al aportar nutrientes que pueden modificar las condiciones físico-químicas y favorecer la mineralización de la materia orgánica, afectar a la superficie del tipo de hábitat, así como provocar la compactación y erosión del suelo debido al pisoteo. Son especialmente sensibles los tipos de hábitat con una potencia de suelo limitada, como es el caso seguro de las euparaturberas y, con frecuencia, de otros tipos de hábitat paraturbosos.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará de manera cualitativa mediante inspección visual en campo. Se distinguen las categorías de carga ganadera nula o moderada (estado óptimo), media (estado subóptimo) y alta (estado malo). Además, serán relevantes para este factor la evaluación de factores intrínsecos como la densidad de la turba (el pisoteo excesivo del ganado podría favorecer la compactación de las capas superficiales de la turbera) para las turberas o el contenido de nitratos (la actividad ganadera aumentaría el contenido de nitratos) para todos los ecosistemas turbófilos.
- Periodicidad: anual.

### ■ **Fertilización**

- Descripción: la conversión en pastos a menudo implica fertilización para favorecer el desarrollo de especies vegetales con mayor interés forrajero. La adición de nutrientes modifica las condiciones tróficas afectando de ese modo al mantenimiento de la biodiversidad.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará de manera cualitativa mediante inspección visual en campo. Puede haber sospechas de fertilización cuando se aprecian cambios de su vegetación hacia pastizal. Así, se distinguen dos categorías: sin fertilización aparente y con fertilización aparente (estado óptimo y malo, respectivamente). Además, serán relevantes para la evaluación de la influencia de este factor la determinación de los factores intrínsecos de pH del suelo, así como la medida de los valores de Ca, N, P y K. En el caso de haber fertilización se esperaría un aumento del pH del suelo, así como un incremento del Ca (en el caso de encalado) y de los valores de N, P y K (en el caso de fertilización mineral).
- Periodicidad: anual.

Los factores extrínsecos con efectos indirectos sobre la turbera vía atmósfera (potencialmente informativos) son:

### ■ **Contaminación atmosférica (opcional)**

- Descripción: la deposición atmosférica de compuestos de N y S puede afectar al nivel trófico. Además de afectar al funcionamiento biogeoquímico, este tipo de deposición atmosférica podría afectar a la diversidad biológica. La contaminación atmosférica por metales también podría tener un efecto sobre la viabilidad de los tipos de hábitat paraturbosos, sobre todo, en los tipos de hábitat muy cercanos a grandes focos de emisión.



- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor se efectuaría preferencialmente en zonas en las que existan evidencias de contaminación por compuestos de N, de S o metales en la atmósfera y se basaría en la determinación de las propiedades del suelo y del agua del enclave.
- Periodicidad: bianual.

#### ■ Cambio climático inducido (opcional)

- Descripción: el clima es uno de los principales factores que influyen en la formación, distribución y dinámica de los ecosistemas hidromorfos, por lo que es presumible que el cambio climático inducido tendrá un efecto sobre estos tipos de hábitat. Sin embargo, los efectos son inciertos.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: es muy difícil determinar una relación unívoca entre el valor de una propiedad del suelo y el cambio climático inducido, especialmente en ambientes tan heterogéneos como los paraturbosos. Por ello, aunque estos son aspectos que deben de ser abordados por la investigación científica, incluirlos como un procedimiento de rutina para evaluar el estado de conservación es complicado.
- Periodicidad: --

Los factores extrínsecos con efectos indirectos sobre la turbera vía cuenca (informativos) son de especial relevancia en el caso de turberas minerogénicas, ya que son susceptibles de recibir material edáfico y agua de la cuenca. Así, para este tipo de ecosistemas también deberán considerarse:

#### ■ Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca (opcional, si aplicable)

- Descripción: las paraturberas además de recibir el agua directamente de la lluvia también reciben el agua de escorrentía, por lo que modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca pueden suponer afecciones importantes a su propio estado hídrico.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor se efectuará *de visu* en el campo. Se distinguen tres categorías: no hay modificaciones (estado óptimo), las modificaciones ocurren a una escala limitada (estado subóptimo) o las modificaciones están presentes (estado malo). Algunas afecciones que pueden modificar el régimen hidrológico de la cuenca serían por ejemplo modificaciones en el curso de ríos, construcción de embalses, algunos sistemas de control de la erosión como bancales, etc.
- Periodicidad: anual o bianual.

#### ■ Contaminación de aguas superficiales (opcional, si aplicable)

- Descripción: determinados procesos de contaminación de aguas superficiales, especialmente cuando estos son muy intensos, puedan tener efectos sobre el estado ecológico de las paraturberas.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la contaminación de aguas superficiales puede deberse a factores muy diversos (contaminación orgánica con N y P, contaminación por uso excesivo de fertilizantes o herbicidas, presencia de vertidos de diverso origen, etc.). Los procedimientos para la valoración de la contaminación de aguas superficiales pueden ser también diversos y han de estar adaptados al tipo de contaminación que se desee detectar.



En este sentido sería interesante ajustarlos a aquellos que se definen para los ecosistemas acuáticos presentes en la Red Natura 2000. Con relación a la determinación de este factor en el ámbito de la evaluación del estado de conservación de las turberas a escala local se hará una simple valoración cualitativa en base a la información disponible, en la que se distinguen tres posibles estados: sin evidencias de contaminación, con evidencias de contaminación baja, con evidencias de contaminación media o alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). La información acerca del estado de los cursos de agua de la cuenca puede obtenerse a partir de las evaluaciones obtenidas de las administraciones autonómicas en el ámbito de la Red Natura 2000 o en otros ámbitos, o a partir de las evaluaciones de otras entidades de conservación ambiental como ayuntamientos u organizaciones sin ánimo de lucro.

- Periodicidad: anual.

#### ■ **Erosión de los suelos de la cuenca (opcional, si aplicable)**

- Descripción: la erosión de los suelos de la cuenca además de aumentar la carga de material inorgánico, frecuentemente supone una entrada de nutrientes a la paraturbera, modificando las condiciones de oligotrofia y pudiendo afectar tanto a la descomposición de la materia orgánica de la turba como a las comunidades vegetales, animales y microbianas.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: para evaluar la erosión de los suelos de la cuenca se hará una inspección visual de la zona y se determinará de modo cualitativo si esta es nula/muy baja, baja/media o alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). Se considera que la erosión en la cuenca es nula o muy baja cuando la mayor parte de la superficie está cubierta de vegetación y no se aprecian signos evidentes de erosión. La erosión es baja o media cuando parte de la superficie de la cuenca no tiene cubierta vegetal y se aprecian algunos signos de erosión en zonas aisladas. Finalmente, la erosión se considera alta cuando en buena parte de la superficie los suelos están expuestos y tienen signos evidentes de erosión como sequedad, agrietamiento, presencia de surcos, etc.
- Periodicidad: anual.

#### ■ **Contaminación de los suelos de la cuenca (opcional, si aplicable)**

- Descripción: en caso de que los suelos de la cuenca estén contaminados, la transferencia de estos contaminantes a la paraturbera es posible. La gravedad y los efectos de esta contaminación dependerán de la cantidad de suelo movilizado, así como de la naturaleza y la intensidad de la contaminación en el suelo de origen.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: al igual que en el caso de la contaminación de aguas, las fuentes de contaminación pueden ser muy variadas por lo que en la realización de análisis rutinarios en el contexto de la evaluación del estado de conservación de las turberas no parece muy viable. La valoración se hará en base a la información disponible y se distinguirán dos categorías: no evidente y evidente (estado óptimo y malo, respectivamente). En el caso de ser evidente se recomienda la realización de analíticas específicas para determinar la naturaleza y la fuente de la contaminación. Una vez que estas hayan sido determinadas se recomienda la realización de analíticas específicas en la turbera.
- Periodicidad: anual.



■ **Fertilización de los suelos de la cuenca (opcional, si aplicable)**

- Descripción: las modificaciones del estado nutricional de los suelos de la cuenca, puede suponer que, aunque de manera indirecta, también se produzca una entrada de nutrientes.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de la fertilización de los suelos de la cuenca se hará de manera cualitativa atendiendo a los usos del suelo. Cuando la vegetación de la cuenca sea natural o seminatural se inferirá que el nivel de fertilización es nulo o muy bajo (estado óptimo); cuando haya cierto manejo, como la presencia de pequeñas huertas o plantaciones, se inferirá un nivel de fertilización bajo o medio; mientras que, cuando los suelos de la cuenca sean objeto de uso agrícola o forestal semintensivo (muchas pequeñas plantaciones) o intensivo (una gran plantación), o haya evidencias directas de aplicación de fertilizantes, se asumirá que el estado es malo.
- Periodicidad: anual.

■ **Deforestación y cambio de uso en la cuenca (opcional, si aplicable)**

- Descripción: la deforestación y el cambio de uso de los suelos de la cuenca, pasando por ejemplo de una vegetación dominada por bosque o pastizal natural o seminatural a un uso ganadero, agrícola o forestal pueden, además de modificar el estado nutricional de los suelos de la cuenca debido a la posible fertilización, aumentar la escorrentía superficial y la erosión provocando modificaciones del régimen hidrológico y el nivel trófico de las turberas. Ha de tenerse en cuenta que se entiende también por cambio de uso un aumento de la presión urbanística o la construcción de infraestructuras como carreteras, puentes, etc.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: para valorar este factor se hará una evaluación cualitativa de las modificaciones en el uso de la cuenca atendiendo a tres categorías: ausencia, baja o media, y alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). Se considerarán dentro de la categoría 'baja' la tala selectiva de algunos árboles, así como un cambio hacia un uso ganadero, agrícola o forestal moderado o la construcción de alguna pequeña infraestructura que no afecte al estado hídrico de la turbera y que suponga una escasa movilización de materiales edáficos. Se considerará dentro de la categoría 'alta' la tala sistemática de bosque, o la tala sistemática de plantaciones –cuando no se acompañe de medidas para limitar la erosión– en más de un 20% de la superficie de la cuenca (aproximadamente). También se considerará dentro de la categoría 'alta' un cambio hacia un uso ganadero, agrícola o forestal, así como la construcción de alguna infraestructura que pueda afectar al estado hídrico de la turbera y que suponga una movilización de materiales edáficos.
- Periodicidad: anual.



## Factores intrínsecos

Las propiedades del suelo consideradas informativas incluyen:

### ■ Acidez - pH del suelo

- Definición: técnicamente,  $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$ , donde  $[\text{H}^+]$  es la concentración de protones en una disolución acuosa. El pH varía en una escala de 0 a 14 donde los valores menores de 7 indican una tendencia ácida y los valores mayores de 7 alcalina. En las turberas ácidas y en los medios paraturbosos oligotróficos un descenso de la acidez (aumento del pH) puede estar relacionado con procesos de eutrofización ligados a la adición de fertilizantes, elevada carga ganadera, deposición de contaminantes atmosféricos, erosión, incendio, etc. Sin embargo, en las turberas alcalinas, al tratarse de medios que se desarrollan sobre sustratos calcáreos y cuya condición natural es la tendencia a la neutralidad, es posible que este tipo de impactos sean más difíciles de evaluar en base al pH. Lo mismo ocurre para los medios paraturbosos mesoeutróficos.
- Métrica:  $[\text{H}^+]$  en escala p.
- Procedimiento estandarizado de medición: para la medida del pH se utiliza un pH-metro con un electrodo combinado de pH y una sonda CAT (Compensación automática de temperatura). La acidez de la turba se medirá en campo anualmente mediante el empleo de un pH-metro para sólidos. En caso de no detectarse afecciones extrínsecas las medidas se realizarán de manera aleatoria y en un número representativo atendiendo a la superficie de la turbera. En caso de que haya afecciones extrínsecas visibles las medidas han de realizarse tanto en la zona afectada como en las zonas no afectadas. Cuando se tomen muestras de turba se determinará también el pH del suelo (en agua) en el laboratorio. En este caso, se emplea una relación turba:disolución en volumen (vol/vol) que dependerá de la densidad de la muestra, de tal forma que la relación suelo (peso)/agua (volumen) sea 1:2,5. Se recomienda utilizar muestras de turba en húmedo pues su secado puede provocar una modificación sustancial de su actividad y propiedades químicas reales (Pontevedra-Pombal 2002). El peso del volumen de turba empleado se calculará empleando la densidad de la turba determinada previamente.
- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: anual (en campo), dos veces por sexenio (en laboratorio).

Las propiedades del suelo consideradas potencialmente informativas son:

### ■ Carbono (opcional)

- Definición: se trata de un factor que informa sobre el contenido de materia orgánica del suelo lo cual a su vez está relacionado con factores como la prevalencia de condiciones de hidromorfía, la presencia/ausencia de procesos de erosión, etc.
- Métrica: %.
- Procedimiento estandarizado de medición: la materia orgánica se mide por combustión en un autoanalizador CNH, en una submuestra seca finamente molida y homogeneizada de masa conocida (entre 100 y 200 mg).



- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: dos veces por sexenio.

#### ■ **Nitrógeno, Potasio y Calcio (opcional)**

- Definición: estos elementos se consideran macronutrientes. Su abundancia natural en la turba suele ser baja, por lo que valores elevados pueden ser indicadores de aportes externos (fertilización o carga ganadera). En turberas alcalinas los valores son mayores a turberas ácidas. En los medios paraturbosos con suelos minerales, debido a la heterogeneidad de situaciones posibles, esta será una propiedad más difícil de evaluar que en turberas.
- Métrica: %, mg/kg.
- Procedimiento estandarizado de medición: el nitrógeno se determina habitualmente mediante autoanalyzer CNH, mientras que el potasio y el calcio totales pueden determinarse por medio de diversas técnicas analíticas. Se recomienda la fluorescencia de rayos X por no requerir digestión previa de la muestra, al contrario de lo que ocurre en ICP-MS (Espectrometría de masas por plasma inducido acoplado) o EAA (Espectroscopia de absorción atómica).
- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: dos veces por sexenio.

Las propiedades del agua de la turbera (potencialmente informativas) son:

#### ■ **Acidez - pH del agua (opcional)**

- Definición: un aumento del pH, fuera del rango establecido, es indicativo de modificaciones en el estado nutricional (fertilización, carga ganadera, etc.).
- Métrica: [H<sup>+</sup>] en escala p.
- Procedimiento estandarizado de medición: se puede medir directamente en charcas en superficie o mediante estrujado de turba/suelo. La medida del pH del agua de la turbera puede realizarse directamente en campo, es de fácil aplicación y de bajo coste. Para la medida de pH se utiliza un pH-metro con un electrodo combinado de pH y una sonda CAT (Compensación automática de temperatura).
- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: anual (en campo).

#### ■ **Conductividad eléctrica (opcional)**

- Definición: la conductividad eléctrica es una medida de los iones que hay en una disolución y se determina mediante la capacidad de transmisión de la corriente entre un cátodo y un ánodo. Un aumento de la conductividad revelaría un aumento en la concentración de iones (por ejemplo, por fertilización mediante enclado).
- Métrica: mS/cm.
- Procedimiento estandarizado de medición: al igual que el pH, la medida de la conductividad eléctrica puede realizarse directamente en campo, es de fácil aplicación y de bajo coste. Se



realiza una medida de los iones en disolución con un potenciómetro o un conductímetro. Existen equipos portátiles de coste asequible que permiten determinar conjuntamente pH, conductividad y temperatura.

- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: anual (en campo).

#### ■ **Sulfato, nitrato y fosfato (opcional)**

- Definición: las aguas de turbera deben contener concentraciones relativamente bajas de estos aniones en disolución. Su determinación tiene utilidad para determinar la procedencia del agua (atmosférica o de escorrentía) e impactos específicos (sobrecarga ganadera, incendios, fertilización, contaminación atmosférica, etc.).
- Métrica: mg/l.
- Procedimiento estandarizado de medición: la determinación analítica de estos aniones en disolución requiere técnicas y equipamientos sofisticados, por lo que es previsible que no siempre estén disponibles.
- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: dos veces por sexenio.

Las propiedades biológicas (potencialmente informativas) son:

#### ■ **Actividad microbiana funcional (opcional)**

- Definición: ya que caracterizar las comunidades microbiológicas que habitan las turberas sería costoso, en tiempo y en dinero, se propone aproximarse al estado de las estas comunidades mediante la caracterización de la actividad microbiana funcional.
- Métrica: variaciones verticales del AWCD (*Average Well Color Development*).
- Procedimiento estandarizado de medición: por su rapidez y coste limitado, se propone la aplicación del kit comercial ©*Ecoplates*. Estudios recientes (Pérez-Rodríguez & Martínez-Cortizas 2014) muestran que existe un marcado patrón vertical en la actividad microbiana, por lo que ofrece un gran potencial para detectar cambios en la estructura vertical del depósito turboso.
- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: se recomienda que sea al menos dos veces por sexenio; pero antes habría que desarrollar más investigación de base para definir las variaciones en condiciones no perturbadas.

### 2.3.3. Sistema integrado de evaluación a escala local (SIE<sub>L</sub>)

Como ya se ha reiterado en diversas ocasiones, los dos aspectos clave que comparten todos los tipos de hábitat de paraturbera son la presencia de una vegetación característica de turberas y la existencia de hidromorfía prolongada la mayor parte de los años. Debido a esto, consideramos que ambos aspectos deben ser los criterios directores del sistema integrado de evaluación. Manteniendo la coherencia con lo propuesto para las turberas, el SIE<sub>L</sub> ha de ser de aplicación sencilla y permitir una



identificación inequívoca de los estados de conservación: favorable o 'bueno', desfavorable-inadecuado o 'alterado' y desfavorable-malo o 'malo'.

Al igual que en el caso de las turberas, queremos insistir en que se trata de un ejercicio preliminar, pues existen numerosas limitaciones que impiden una generalización de su uso; siendo la ausencia de datos métricos y la falta de caracterización previa de estos tipos de hábitat las más relevantes. Remitimos aquí al lector a los aspectos que ya se han indicado en el caso del SIE<sub>L</sub> de turberas ácidas (Silva-Sánchez *et al.* 2019), pues algunos son también de aplicación a las paraturberas.

## Elementos del SIE<sub>L</sub>

A continuación, y con carácter orientativo, se describen brevemente los elementos básicos del SIE<sub>L</sub>. Manteniendo la coherencia con lo descrito para turberas ácidas, los elementos esenciales del SIE<sub>L</sub> están representados por los factores extrínsecos e intrínsecos definidos en apartados anteriores. Sin embargo, en la aplicación del SIE<sub>L</sub> de paraturberas, debido a las limitaciones en el estado de conocimiento a las que nos tenemos que enfrentar, hay modificaciones importantes. Aquí, para la valoración del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' distinguimos:

- **Factores valorativos.** Como hemos comentado, dada la definición básica de paraturbera, la presencia de drenajes o cambios significativos en la cobertura de vegetación característica, implicarán una afección a la estructura y función del tipo de hábitat.
- **Factores informativos.** Otros factores extrínsecos directos y algún factor extrínseco indirecto, como el pH, aunque serán de determinación obligatoria, tendrán un peso informativo en el SIE<sub>L</sub>.
- **Factores potencialmente informativos.** Podrían tener mayor peso en el SIE<sub>L</sub> pero la ausencia de datos de referencia (p. ej. conductividad eléctrica o composición elemental) o la dificultad de establecer metodologías sistemáticas (cambio climático) hace que de momento no puedan ser considerados plenamente.

En las Tablas 3 y 4 se ha indicado para cada uno de los factores extrínsecos e intrínsecos su rol dentro del SIE<sub>L</sub> como valorativo, informativo o potencialmente informativo. En la tabla 5 se indican los códigos a emplear como calificadores en la aplicación del SIE<sub>L</sub> cuando se detecte la presencia de afecciones ligadas a los factores extrínsecos, tanto directos como indirectos.

**Tabla 5** Calificadores de los factores informativos de paraturberas del SIE<sub>L</sub>. Fuente: elaboración propia.

Factores extrínsecos directos		Factores extrínsecos indirectos(vía cuenca)		Factores intrínsecos	
Drenaje	Dr	Hidrología	Hd	pH del suelo	pH
Vegetación	Vg	Contaminación agua	Ca		
Extracción	Ex	Contaminación suelo	Cs		
Incendios	In	Erosión de suelo	Es		
Ocupación	Oc	Fertilización suelo	Fs		
Carga ganadera	Cg	Deforestación	Df		
Fertilización	Ft				



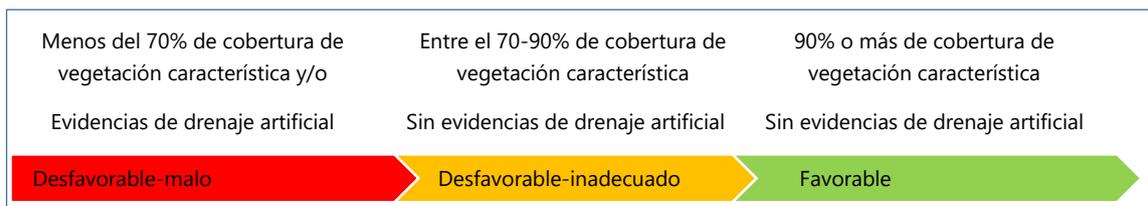
## Aplicación del SIE<sub>L</sub>

El código del SIE<sub>L</sub> constará de dos partes:

- El estado de conservación (Figura 1), definido como:
  - Favorable: cuando un 90% o más de la superficie del tipo de hábitat contiene vegetación característica y no existen evidencias de drenaje artificial.
  - Desfavorable-inadecuado: cuando la superficie del tipo de hábitat ocupada por vegetación característica es menor del 90% pero mayor o igual al 70%, sin que existan evidencias de drenaje artificial.
  - Desfavorable-malo: cuando hay drenaje artificial y/o la superficie del tipo de hábitat con cobertura de vegetación característica es inferior al 70%.
- Uno o varios calificadores en función de las afecciones indicadas por los factores extrínsecos directos de tipo valorativo (y/o los factores intrínsecos asociados). Se empleará el modificador cuando su estado sea subóptimo o malo.

Así, por ejemplo:

- Un enclave en el que haya drenaje y evidencias de fertilización (bien visuales o por valores anómalos de N y K) obtendría una valoración de: desfavorable-malo (Dr-Ft).
- Un enclave en el que el 35% de la superficie no tiene vegetación característica, bien porque la vegetación está transformada (p. ej. cambio a pastizal o invasión natural de otros tipos vegetales) o bien porque existe erosión en superficie obtendría una valoración de: desfavorable-malo (Vg).
- Un enclave en el que el 95% de la vegetación es característica y sin evidencias de drenaje obtendría una valoración de: favorable.



**Figura 1** Criterios para la determinación del estado de conservación en el caso de paraturberas.

Obviamente, la definición del estado de conservación (la asignación del código) podría realizarlo directamente una rutina informática acoplada a la ficha en la que se consignen los valores de cada uno de los factores extrínsecos e intrínsecos. De esta forma, en evaluaciones sucesivas se podría construir un histórico del estado de conservación (muy útil en el caso en que se lleven a cabo medidas de conservación o recuperación). Este histórico también serviría para establecer la tendencia, que puede ser positiva (recuperación o mantenimiento en estado favorable), negativa (degradación del estado de conservación), o estable (mantenimiento del estado de conservación) de cada enclave a lo largo del periodo de seis años. Esta tendencia podría ser uno de los componentes para evaluar el parámetro 'Perspectivas futuras'.



### 2.3.4. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de las paraturberas a escala de región biogeográfica

En este caso habría que definir el procedimiento por el cual los estados de conservación a nivel local (i.e. a escala de mesotopo) se integran para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' del tipo de hábitat o grupo de tipos de hábitat a escala de región biogeográfica.

Se propone que el Sistema Integrado de Evaluación a escala regional (SIE<sub>R</sub>) se realice de manera sencilla y directa, integrando para cada región biogeográfica el estado de conservación de cada parcela y definiendo un estado de conservación regional para el tipo de hábitat en cuestión.

Así, el SIE<sub>R</sub> puede definirse mediante la siguiente regla:

- Si la superficie (o número de localidades) en estado malo (o desfavorable-malo) es mayor del 25% en la región, el estado es 'desfavorable-malo'.
- Si la superficie (o número de localidades) en estado bueno (o favorable) es superior al 90%, el estado es 'favorable'.
- Cualquier otro valor define un estado 'desfavorable-inadecuado'.

## 3. ESTRUCTURA Y FUNCIONES DE LOS TREMEDALES MESOEUTRÓFICOS

Los tremedales mesoeutróficos son turberas minerogénicas y, por consiguiente, tanto su estructura y función como las amenazas y presiones a las que están sometidas son prácticamente las mismas que afectan a los tremedales oligotróficos o a los sistemas paraturbosos. Difieren de los tremedales oligotróficos (tremedales ácidos) fundamentalmente en el hecho de que albergan una mayor diversidad en tipos de vegetación, entre su flora se encuentra un mayor número de especies importantes por su escasez o el grado de amenaza en que se encuentran, y en la importancia del mantenimiento de las características hidrológicas y de la calidad del agua.

En consecuencia, en el texto que sigue a continuación se incluyen muchos de los redactados para ecosistemas de turberas ácidas (THIC 7140 Tremedales; Silva-Sánchez *et al.* 2019). En comparación con la propuesta realizada para tremedales ácidos, la escasez de información sobre los factores de la turba y el agua de los tremedales mesoeutróficos imposibilita, a día de hoy, establecer valores de control y seguimiento, que deberán ser implementados en un futuro a medida que se incremente el conocimiento sobre este tipo de hábitat.

### 3.1. Estructura de los tremedales mesoeutróficos

#### 3.1.1. Estructura vertical

Las turberas son sistemas en los que se aprecia estratificación vertical. Esencialmente, se distinguen dos capas: el acrotelm y el catotelm. El acrotelm es la capa superior del suelo de la turbera y está compuesto por vegetación viva y material vegetal ligeramente descompuesto. Se caracteriza por tener aireación periódica y una intensa actividad biológica. Su contenido de agua es variable y presenta una alta



conductividad hidráulica. El catotelm, que se sitúa inmediatamente bajo el acrotelm, está formado por restos vegetales con un mayor grado de descomposición y en él las condiciones son predominantemente anaeróbicas. El contenido de agua apenas fluctúa y la conductividad hidráulica es baja.

En una turbera minerogénica la expresión vertical de esta doble capa está esencialmente controlada por las dinámicas hídricas de la cuenca, afectando principalmente a la extensión espacial y temporal del acrotelm, de ahí que su papel en el funcionamiento hidrológico de la turbera no sea todavía bien conocido (Baird & Wilby 1999). En todo caso, el mantenimiento de la estructura vertical de una turbera es fundamental para el mantenimiento de sus funciones ecológicas. El acrotelm, al ser la capa en la que se desarrolla la vegetación constituye un auténtico repositorio de propágulos, de modo que es fundamental para la regeneración en caso de que la parte más superficial del mismo se viese afectada por un fuego o por una eliminación mecánica. La eliminación del acrotelm supone pues, además de un importante detrimento en el estado ecológico de la turbera, un importante detrimento en sus posibilidades de recuperación.

### 3.1.2. Estructura horizontal (cubierta vegetal)

Resulta difícil generalizar para los tremadales mesoeutróficos una estructura horizontal característica de la vegetación que albergan. En ellos se puede presentar desde la típica vegetación de bajo porte, característica del THIC 7230 Turberas bajas alcalinas (en adelante Turberas minerotróficas alcalinas), acompañada en ocasiones de especies de mayor porte, que varían en función de otros tipos de hábitat presentes en los humedales a los que este tipo de hábitat se asocia, los masegares del THIC 7210\* Turberas calcáreas del *Cladium mariscus* y con especies del *Caricion davallianae* (en adelante Áreas pantanosas calcáreas con *Cladium mariscus* y especies de *Caricion davallianae*). Dentro de los masegares, se pueden encontrar desde formaciones abiertas, ricas en especies y con algunos pies dispersos de *Cladium mariscus*, hasta masegares densos, difícilmente penetrables, donde la masiega alcanza alturas que pueden exceder los 2 m. La comunidad endémica pirenaico-central, asimilable al THIC 7240\* Formaciones pioneras alpinas del *Caricion bicoloris-atrofuscae* (en adelante Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritima*), presenta grandes similitudes con el *Caricetum bicoloris* de los Alpes, aunque en este caso su representación en la península ibérica se reduce a unas pocas localidades de los Pirineos.

Con frecuencia los tremadales alcalinos se presentan formando mosaicos complejos con otras comunidades de zonas húmedas (pastizales húmedos de las alianzas de *Calthion* y *Molinion*, con juncos y ciperáceas de porte alto) con zonas de transición difíciles de delimitar y, en muchos casos, presentan un cierto nivel de degradación a comunidades de pastizales húmedos y juncales (de las alianzas de *Calthion* y *Molinion*, con juncos y ciperáceas de porte alto), que reemplazan las comunidades propias de estos tremadales, como consecuencia la acción antrópica o de un manejo inadecuado. Además, otros tipos de hábitat con los que estos tremadales pueden estar asociados incluyen, en transiciones hacia condiciones más oligotróficas, a los tremadales oligotróficos o turberas ácidas (THIC 7140 "Mires" de transición, en adelante Tremadales) y, cuando comienza a precipitar carbonato cálcico, hacia manantiales petrificantes con formación de toba (THIC 7220\* Manantiales petrificantes con formación de tuf (*Cratoneurion*), en adelante Formaciones tobáceas generadas por comunidades briofíticas en aguas carbonatadas).



En resumen, dentro de la diversa vegetación que puede estar presente en estos tremedales, se encuentra la descrita para los THIC 7230 Turberas minerotróficas alcalinas, THIC 7210 Áreas pantanosas calcáreas con *Cladium mariscus* y especies de *Caricion davallianae* y, en menor medida, para el THIC 7240\* Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritimae*, con transiciones hacia 7140 Tremedales, 7220\* Formaciones tobáceas generadas por comunidades briofíticas en aguas carbonatadas y 6410 Prados con molinias sobre sustratos calcáreos, turbosos o arcillo-limónicos (*Molinion caeruleae*), es decir, prados-juncuales de *Molinion caeruleae* y *Juncion acutiflori*.

### 3.1.3. Estructura horizontal (turbera)

La superficie de los tremedales mesoeutróficos no es homogénea, distinguiéndose en ella patrones superficiales a pequeña escala, o microtopografía. La complejidad de la microtopografía de los tipos de hábitat de turbera depende en gran medida de su balance hidrológico. Se pueden encontrar zonas más elevadas del terreno (*hummocks*), donde la humedad es menor, y zonas más bajas, donde se acumula el agua (*hollows*), así como zonas de drenaje preferencial o cauces de agua fluyente. Esta diversidad estructural dentro de una turbera es importante pues aumenta la variedad de nichos ecológicos disponibles, lo que es relevante para el mantenimiento de la biodiversidad en estos ecosistemas.

## 3.2. Funciones de los tremedales mesoeutróficos

Los tipos de hábitat de turbera cumplen importantes funciones ambientales. Como se ha indicado anteriormente, los tremedales mesoeutróficos son turberas minerogénicas y, en consecuencia, sus funciones son equiparables a las de otras turberas minerogénicas: función de soporte de la biodiversidad regulación ambiental climática, hidrológica y química; funciones productivas; función de archivo ambiental y función cultural. Estas funciones, que han sido descritas en Silva-Sánchez *et al.* (2019) para las turberas ácidas y en el apartado 2.2 para las paraturberas, son de aplicación de forma general para los tremedales mesoeutróficos, con algunas matizaciones que se indican a continuación, en particular, aquellas que se refieren específicamente a los tremedales (turberas minerogénicas) ácidos u oligotróficos.

### 3.2.1. Función de soporte de la biodiversidad

En comparación con las turberas ácidas, los tremedales mesoeutróficos, en parte debido a su heterogeneidad, albergan una importante variedad de flora y vegetación, con una alta proporción de especies características, lo que los convierte en importantes reservorios de biodiversidad (Minayeva *et al.* 2008). Esta diversidad es función de su proceso de formación, de su uso, de la naturaleza de los materiales geológicos del entorno, de sus características geomorfológicas, de la franja altitudinal, de la región biogeográfica en que se presentan (especialmente cuando se comparan las regiones eurosiberiana y mediterránea o las áreas litorales y las de interior), y también de la actividad humana, particularmente del manejo al que han sido sometidos.



### 3.2.2. Funciones de regulación ambiental

Estas funciones, como ya se ha comentado, están relacionadas con la capacidad de las turberas para regular aspectos ambientales a diferentes escalas (global, regional, local).

#### Regulación del clima global

Las turberas, por su capacidad para almacenar carbono, juegan un papel fundamental en la regulación del clima global. En todos los ecosistemas terrestres las plantas convierten el CO<sub>2</sub> atmosférico en biomasa vegetal y tras su muerte, este carbono es devuelto a la atmósfera mediante el proceso de mineralización, si bien una parte variable de esta biomasa se acumula en el suelo en formas de mineralización más lenta, el humus. En las turberas, sin embargo, la biomasa vegetal muerta, debido a las condiciones de encharcamiento y falta de oxígeno, apenas se descompone, acumulándose en forma de turba. Esto hace que las turberas sean uno de los mayores reservorios de carbono orgánico en la biosfera terrestre. Ocupando un 3-4% de la superficie continental, se estima que contienen entre unas 540 y 600 gigatoneladas de carbono, la mayor parte de las cuales se han almacenado desde la última era glacial (Yu *et al.* 2010; McBride *et al.* 2011). Esto es equivalente a un 30% del carbono almacenado en los suelos, un 75% del carbono atmosférico, la misma cantidad que todo el carbono almacenado en la biomasa terrestre, y el doble del carbono de la biomasa forestal del mundo (Joosten & Couwenberg 2008). Aunque no se dispone de información sobre la retención de carbono en estos tremadales, cabe destacar su potencial importancia, en particular en medios mediterráneos, donde la retención de carbono orgánico en los suelos está más dificultada que en las regiones atlántica y alpina.

#### Regulación del clima regional y local

Al ser ecosistemas húmedos, los tremadales mesoeutróficos, al igual que las paraturberas, tienen influencia en las condiciones climáticas regionales y locales a través de la evapotranspiración y su consiguiente alteración de las condiciones de temperatura y humedad.

- **Regulación hidrológica:** las turberas tienen un rol fundamental en aspectos relacionados con el almacenamiento y la calidad del agua de las cuencas en las que se encuentran, regulan los niveles de agua superficial y subterránea y pueden ayudar a mitigar tanto los efectos de las inundaciones como de la sequía. Esta capacidad para almacenar y retener agua puede tener una gran importancia local en el mantenimiento de los recursos hídricos.
- **Regulación química -filtración/retención:** las turberas ejercen una importante función de regulación química de las aguas. Esta capacidad se relaciona con la naturaleza orgánica de la turba, que presenta una carga fundamentalmente negativa, por lo que puede retener de forma cambiante iones con carga positiva u elementos químicos mediante distintos procesos de complejación o quimiosorción. De este modo, la turba atrapa eficazmente cationes metálicos contaminantes como por ejemplo plomo o cobre. Respecto al carbono, o nutrientes como el nitrógeno o el fósforo, el tipo de turbera, el nivel freático o el tiempo de residencia del agua determinarán la liberación de estos elementos a los cursos de agua próximos. La calidad del agua en las turberas dependerá pues de cómo esta se mueva en el sistema y de cómo interacciona con la turba.



### 3.2.3. Funciones productivas

Estas funciones están relacionadas con la capacidad de los tremedales mesoeutróficos de proveer recursos y materias primas explotables por parte del ser humano.

- **Turba-ex situ:** la turba por sus propiedades físico-químicas tiene un gran potencial como sustrato para horticultura, bien sea sola o utilizada como enmienda orgánica; en el caso de los tremedales mesoeutróficos, la turba presenta mejores cualidades que la de las turberas ácidas debido a la toxicidad por aluminio que estas pueden presentar. Además, debido a su capacidad de regulación química de las aguas, la turba también puede ser usada como biofiltro en estaciones depuradoras de aguas residuales. Aunque minoritarios en nuestro país, otros posibles usos de la turba serían su empleo como combustible, material de construcción, usos en cosmética o farmacología, etc.
- **Turba-in situ:** la turba también puede usarse *in situ* como sustrato para horticultura o como lugar para obtención de alimento para el ganado, bien por pastoreo directo o mediante la siega. Las condiciones de los tremedales mesoeutróficos son mejores que las que presentan los tremedales ácidos por su mayor riqueza en nutrientes como Ca y Mg, y por la ausencia de limitaciones relacionadas con la toxicidad por aluminio.
- **Plantas silvestres:** la vegetación de turbera se ha utilizado tradicionalmente como cama y forraje para ganado. Además, algunas plantas y animales que crecen en turberas pueden tener utilidad comercial en alimentación, farmacología, cosmética, etc. En comparación con las turberas ácidas, su potencialidad es mayor por la mayor biodiversidad específica que albergan.

### 3.2.4. Función de archivo ambiental

Las turberas son de los pocos ecosistemas que registran su propia historia ambiental. Debido a sus propiedades físico-químicas y a su modo de producción y acumulación de turba, contienen indicadores, tanto bióticos (macrorrestos vegetales, polen, tecamebas, etc.) como abióticos (elementos litogénicos, contaminación por metales, etc.), que van quedando inmovilizados y enterrándose progresivamente a medida que el depósito de turba crece en espesor, construyendo un registro de los cambios ambientales del pasado, incluyendo aquellos ligados a la actividad humana. Por lo tanto, son valiosísimas fuentes de información tanto ambiental como cultural.

### 3.2.5. Función cultural

Las turberas forman parte de la herencia cultural del ser humano, tal y como queda patente en poemas, novelas, mitos, canciones y otras manifestaciones artísticas. En el norte ibérico, topónimos relacionados con los vocablos braña o tremedal son comunes y el origen de algunos verbos como brañar (en bable: realizar el conjunto de cuidados diarios que exige el ganado) está relacionado con el término braña. Por otra parte, las turberas constituyen un recurso para la conservación de la vida silvestre, tienen valor estético y constituyen un recurso educativo para destacar el valor de la conservación de la naturaleza.



### 3.3. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos a escala local

Los tremedales mesoeutróficos representan un tipo de hábitat cuya estructura y funcionamiento depende fundamentalmente de una alimentación hídrica regular, suministrada principalmente, junto a la precipitación, por escorrentía superficial y subterránea, con aguas débilmente ácidas a alcalinas, generalmente carbonatadas, con nivel freático aflorante o subaflorante y fluctuaciones débiles. Al tratarse de humedales muy susceptibles a modificaciones en la dinámica hidrológica y la calidad de las aguas, tanto del propio humedal como de su cuenca de alimentación, estas modificaciones tendrán consecuencias tanto sobre su estructura biológica y geoquímica como sobre su funcionamiento. Por tanto, el mantenimiento de las condiciones hidrológicas y de la calidad del agua es fundamental para la conservación de la estructura y las funciones de estos tremedales.

La evolución y los tipos de impactos y amenazas que afectan o pueden afectar a los tremedales mesoeutróficos son muy variables según las regiones y el tipo de vegetación del tremedal al que se haga referencia. Numerosos tremedales, principalmente en zonas llanas han sido drenados, desecados, puestos en cultivo o forestados, utilizados para la extracción de turba, inundados, rellenados, etc. A estas acciones se suman los problemas ligados al abandono de los usos agrícolas tradicionales y al incremento de la presión urbanística y turística que afecta especialmente a los situados en el litoral y en algunas áreas de montaña.

El uso inadecuado de los recursos hídricos, la captación de agua para diferentes usos que ha llevado a la sobreexplotación de acuíferos, el drenaje de las zonas húmedas y, en general, a una mala gestión del agua, han conducido al descenso de los niveles freáticos, a la reducción de la disponibilidad de aguas superficiales y han afectado a la calidad de las aguas, al modificar el equilibrio entre las aguas superficiales y subterráneas.

La intensificación de las prácticas agrícolas y silvícolas en los tremedales mesoeutróficos o su entorno, la introducción de nuevas especies o el uso de prácticas de manejo como la fertilización o la quema, han causado modificaciones en el propio tipo de hábitat, han afectado a la calidad de las aguas de alimentación, por eutrofización o contaminación, y han reducido la capacidad de regeneración de sus comunidades vegetales características. Un manejo inadecuado, como es el caso de una presión ganadera excesiva o insuficiente, o el abandono de los sistemas tradicionales de manejo, también ha producido, o pueden producir, efectos negativos en estos tipos de hábitat. Por otra parte, estos ecosistemas son particularmente susceptibles a la contaminación del agua por las escorrentías agrícolas o por aguas residuales que se producen en sus cuencas, generando un elevado riesgo de eutrofización de las aguas que puede resultar perjudicial para determinadas especies clave. Además, las aguas fecales y las procedentes de efluentes urbanos o industriales causan contaminación microbiológica y contaminación por metales pesados.

Todo ello ha conducido a una fragmentación de las áreas con tremedales mesoeutróficos que, en algunos casos, llegan a tener tamaños críticamente reducidos. La falta de conectividad con ecosistemas naturales adyacentes dificulta las interacciones ecológicas en el paisaje y no permite asegurar el mantenimiento de las poblaciones de especies clave. Este hecho es especialmente grave en tipos de hábitat con una gran fragmentación natural debida a las especiales condiciones en que se desarrolla y con poblaciones de pequeño tamaño que las hace muy susceptibles a eventos accidentales.



La contaminación atmosférica y el cambio climático, son aspectos que se deben considerar al analizar los factores que pueden afectar a estos tipos de hábitat. Mientras que la contaminación atmosférica solo en casos extremos, en particular por aportes de N, puede provocar efectos destacables en este tipo de humedales, el cambio climático, aun teniendo en cuenta la incertidumbre en que nos encontramos, puede tener consecuencias importantes. Las variaciones en la precipitación y su distribución pueden afectar a la cantidad y calidad del suministro de agua a los humedales y los cambios en la temperatura pueden afectar especialmente a aquellas comunidades características de ambientes extremos.

La evaluación y seguimiento del estado de conservación de estos humedales debe centrarse en la determinación de sus características hidrológicas, biológicas y físico-químicas y en analizar su grado de alejamiento respecto a su rango natural, algo que es preciso establecer con mayor detalle. El seguimiento deberá realizarse en el propio humedal, pero dadas sus características, es imprescindible considerar toda su cuenca de alimentación ya que las acciones que en ella se realicen tendrán influencia sobre él.

Las actividades inadecuadas en estos tremedales y en su cuenca de alimentación tendrán consecuencias negativas que van desde la pérdida de su diversidad biológica, alteraciones como subsidencia, compactación de la turba, oxidación y mineralización de la materia orgánica, inestabilización y erosión de los suelos, cambios en los ciclos biogeoquímicos de distintos elementos y compuestos químicos, eutrofización, acidificación y contaminación de las aguas efluentes y de los ecosistemas dulceacuícolas relacionados, alteraciones en sistema hidrológico, etc., hasta la propia desaparición de humedal y de todas sus funciones.

Para la evaluación del parámetro 'Estructura y función' en los tremedales mesoeutróficos, se parte de los trabajos realizados sobre las bases ecológicas preliminares para la gestión de las áreas pantanosas calcáreas (García-Rodeja & Fraga 2009a, 2009b; García-Rodeja *et al.* 2009) y para la gestión de las turberas ácidas de esfagnos (Martínez-Cortizas *et al.* 2009), así como la monografía dedicada a la evaluación de este parámetro en turberas ácidas (Silva-Sánchez *et al.* 2019). Mientras que en el caso de las turberas ácidas existe información sobre factores o variables específicos, aunque limitada y con un claro sesgo geográfico, este no es el caso de los tremedales mesoeutróficos, que se pueden presentar en una amplia variedad de ambientes físico-químicos, y de los que apenas se puede disponer de determinaciones rutinarias previas, tanto del sustrato de turba como de las aguas que los alimentan.

En consecuencia, la determinación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' se basa, al igual que en las paraturberas, en la determinación de una serie de factores extrínsecos e intrínsecos. De manera general, se definen unos factores extrínsecos, más fácilmente identificables en el campo, *de visu*, y unos factores intrínsecos que, con excepción del pH y la conductividad eléctrica, que pueden medirse fácilmente en campo con equipos portátiles, requerirían la toma de muestra y la aplicación de metodologías analíticas en laboratorio. Mayor dificultad, ligada a la necesidad de un cierto grado de especialización, presenta el seguimiento de la flora y la vegetación, imprescindible dada la ya comentada variedad que estos tremedales presenta y de las condiciones hidrológicas del humedal. El planteamiento del método se basa además en que los factores extrínsecos e intrínsecos son interdependientes, de modo que, en algunos casos, los factores intrínsecos son variables diagnósticas del estado de los factores extrínsecos.

Las variables que se proponen para la evaluación del parámetro 'Estructura y función' de estos tremedales, las turberas minerogénicas mesoeutróficas, son esencialmente las mismas que las propuestas para turberas minerogénicas ácidas. Sin embargo, para los tremedales mesoeutróficos existe



un condicionante esencial que es la enorme falta de información útil para aplicar esta metodología. Como consecuencia, en particular en lo que se refiere a factores intrínsecos, no es posible proporcionar valores límite para muchos de los factores que se proponen ni interpretar como informan sobre el estado de la turbera, en tanto no se disponga de información sistemática sobre estos tremedales. Tal vez los valores superiores indicados para turberas ácidas en algunos de los parámetros físico-químicos de la turba y del agua de las turberas ácidas (o tremedales oligotróficos) podrían considerarse como los límites inferiores para los tremedales mesoeutróficos.

En la Tabla 6 se presentan los factores extrínsecos a tener en cuenta para la evaluación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de tremedales mesoeutróficos. Como en el caso de las paraturberas, se distinguirán aquellos que son valorativos, es decir, aquellos que tienen peso en el Sistema integrado de evaluación local (SIE<sub>L</sub>) como por ejemplo a los relativos al mantenimiento de la vegetación característica o la ausencia de drenajes, y aquellos que tienen un valor meramente informativo. En relación a las vías de afección, se distinguen aquellos con una acción directa sobre el tremedal (que serán de determinación obligatoria) de aquellos que afectan vía cuenca (algunos de los cuales se proponen como de determinación optativa). Ejemplos de perturbaciones con acción directa, distintos de la modificación de la vegetación, la introducción de especies invasoras o la presencia de drenajes artificiales, serían, por ejemplo, los incendios, la ocupación del tipo de hábitat con infraestructuras como carreteras y caminos, la instalación de aerogeneradores, el relleno del tremedal o su uso como vertedero, la presión del turismo en algunos lugares, la presencia de una carga ganadera excesiva, la extracción de turba o de otros recursos minerales, o la fertilización para favorecer la transformación a pastos. Otras perturbaciones como la contaminación atmosférica o el cambio climático inducido, que son más difíciles de valorar, podrían afectar al parámetro de 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos y por ello también se mencionan.

Dado que estos tremedales ocupan normalmente posiciones bajas del terreno es importante tener en cuenta las actuaciones o afecciones que ocurren en la cuenca en la que se halla el tremedal ya que las modificaciones que en ella ocurren tienen especial relevancia para el mantenimiento de la estructura y las funciones del tipo de hábitat. Así pues, en tipos de hábitat cuya formación y persistencia es dependiente del aporte de agua y de su naturaleza físico-química, cualquier actividad en la cuenca de alimentación que incida sobre la cantidad y calidad del suministro de agua influye sobre este. Entre las actividades que de forma indirecta pueden causar daños, por afectar a estos tremedales están: modificaciones en el régimen hidrológico (sobreexplotación de acuíferos, construcción de infraestructuras hidráulicas, etc.), deforestación y cambios de uso del suelo en la cuenca, contaminación de los suelos y las aguas de escorrentía, fertilización y erosión de suelos y colmatación asociada, fertilización y cambios de usos del suelo, etc. Estas modificaciones se traducen en variaciones de la capa freática, aumento de la carga de nutrientes y partículas sólidas y, en último caso, inundación o colmatación del humedal. Las actividades en la cuenca también pueden afectar a los procesos morfológicos de rejuvenecimiento, necesarios para la preservación de comunidades pioneras como las que caracterizan al THIC 7240\* Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritima*.



**Tabla 6** Factores extrínsecos considerados para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** Grado de obligatoriedad= obligatorio (o); optativo (op); 'op (si aplicable)', en caso de que se pueda determinar su valoración será de carácter optativo. Tipo de factor= métrico (m), semicuantitativo (sc), cualitativo (c). Significado= estructural (e), funcional (f). Intervalo de medición= anual (a), bianual (ba). '-' (no se dispone de metodologías estandarizadas y/o no se tienen valores de referencia).

		Grado de obligatoriedad	Tipo de factor	Significado	Intervalo de medición	Unidades		
Factores extrínsecos	Efectos directos (valorativos)	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	o	sc/m	e/f	a	%	
		Drenaje artificial	o	c	e/f	a	-	
		Extracción de turba y otros recursos minerales	o	c	e/f	a	-	
		Incendios	o	sc	e/f	a	%	
		Captación de agua para usos múltiples	o	c	e/f	a	-	
		Ocupación con infraestructuras y otras alteraciones	o	sc	e/f	a	%	
		Carga ganadera	o	c	e/f	a	-	
		Fertilización	o	sc	e/f	a	-	
	Efectos indirectos (informativos)	Vía atmósfera	Contaminación atmosférica	--	sc	f	ba	$g\ m^{-2}\ año^{-1}$
			Cambio climático inducido	--	c	f	-	-
		Vía cuenca	Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-
			Contaminación de aguas superficiales	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-
			Erosión de los suelos de la cuenca	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-
			Contaminación de los suelos de la cuenca	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-
Fertilización de los suelos de la cuenca	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-			
Deforestación y cambio de uso en la cuenca	op (si aplicable)	sc	e/f	a	-			

Dentro de los factores intrínsecos (Tabla 7) se distinguen aquellos que hacen referencia a las propiedades de la turba como el pH (de determinación obligatoria); a las propiedades del agua como el pH, la conductividad eléctrica o el contenido en Ca (y Mg); o las propiedades biológicas (como las comunidades de diatomeas, tecamebas o la actividad microbiana funcional), que están empezando a tener relevancia en el campo de la investigación y podrían ser de utilidad en un futuro pero que de momento, debido a la falta de información sistemática no pueden ser consideradas plenamente.

Como ya se ha comentado, los factores extrínsecos e intrínsecos son en general interdependientes, de modo que, en algunos casos, los factores intrínsecos son variables diagnósticas del estado de los factores extrínsecos. En la Tabla 8 se muestra la relación existente entre ambos tipos de factores, o lo que es lo mismo, en qué medida la presencia de presiones afecta a cada uno de los factores intrínsecos considerados. Se emplea el código '1' en los casos en los que hay relación entre ambos factores; el código '0' cuando no hay relación aparente y el código '?' cuando, si bien es probable que haya una relación, sería necesaria más investigación para asegurarlo fehacientemente.

Como se ha señalado, los factores extrínsecos son más fácilmente identificables en el campo, *de visu*, mientras que la determinación de los factores intrínsecos, con excepción del pH y la conductividad eléctrica, requieren la toma de muestra y la aplicación de metodologías analíticas en laboratorio. La toma de muestras supone la eliminación de una pequeña porción de turba, al menos en unos cuantos puntos en la superficie de la turbera, por lo que la periodicidad con la que se aplican ha de espaciarse lo suficiente en el tiempo para que el propio sistema de seguimiento no suponga en sí mismo un problema para la conservación del tipo de hábitat.

Las principales acciones que pueden afectar a estos ecosistemas y sus consecuencias se refieren a continuación. En todo caso, la ya señalada carencia de información sistematizada sobre las propiedades de las aguas y los suelos que mantienen los tremedales mesoeutróficos hace necesaria la realización de estudios de caracterización que permitan determinar los factores o variables de control más adecuados, los valores de referencia que puedan reflejar su estado de conservación, la tendencia evolutiva y las potenciales amenazas a que puedan estar sometidos.



**Tabla 7** Factores intrínsecos considerados para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** Grado de obligatoriedad= obligatorio (o); optativo (op); no aplicable (x). Tipo de factor= métrico (m), semicuantitativo (sc), cualitativo (c). Significado= estructural (e), funcional (f). Intervalo de medición= anual (a), bianual (ba). Tipo de muestreo= puntual (p), transecto (t), aleatorio (a). '-' (no se dispone de metodologías estandarizadas y/o no se tienen valores de referencia).

			Grado de obligatoriedad	Tipo de factor	Significado	Intervalo de medición	Tipo de muestreo	Unidades		
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba	Valorativo	pH de la turba	o	m	f	a	p/t/a		
		Potencialmente informativos	Composición elemental	Contenido en carbono	o	m	f	ba	p/t/a	%
				Densidad de la turba	op	m	e	ba	p/t/a	g cm <sup>-3</sup>
				Nitrógeno	op	m	f	ba	p/t/a	%
				Fósforo	op	m	f	ba	p/t/a	%
				Azufre	op	m	f	ba	p/t/a	%
				Potasio	op	m	f	ba	p/t/a	%
				Calcio	op	m	f	ba	p/t/a	%
				Magnesio	op	m	f	ba	p/t/a	%
	Propiedades del agua	Potencialmente informativos		pH del agua	o	m	f	a	p/a	
				Conductividad eléctrica	o	m	f	a	p/a	mS cm <sup>-1</sup>
			Cationes	Calcio	o	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>
				Magnesio	o	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>
				Potasio	op	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>
				Sodio	op	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>
			Aniones	Nitrato	o	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>
				Fosfato	o	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>
Sulfato				op	m	f	a	p/a	mg l <sup>-1</sup>	
Propiedades biológicas	Potencialmente informativos	Actividad microbiana funcional	op	m	e/f	-	-			



**Tabla 8** Relación entre factores intrínsecos y extrínsecos considerados en el caso de los tremedales mesoeutróficos. Fuente: elaboración propia.

**Nota:** relación entre factores= 1 - hay relación; 0 - no hay relación aparente; ? - es probable que haya una relación, en ocasiones mediada por la influencia de un tercer factor, como por ejemplo el cambio en el régimen hidrológico de la cuenca, que pueden producir un descenso del nivel freático, o la influencia del tipo de impacto (contaminación atmosférica – óxidos de N o sulfatos – o de enmienda o fertilización empleado – encalado, N, P, NPK, etc.).

		Factores extrínsecos																
		Efectos directo								Efectos indirectos								
										Vía atmósfera		Vía cuenca						
		Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	Drenaje artificial	Extracción de turba y otros recursos minerales	Incendios	Captación de agua para usos múltiples	Ocupación con infraestructuras	Carga ganadera	Fertilización	Contaminación atmosférica	Cambio climático inducido	Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca	Contaminación de aguas superficiales	Erosión de los suelos de la cuenca	Contaminación de los suelos de la cuenca	Fertilización de los suelos de la cuenca	Deforestación y cambio de uso en la cuenca	
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba	pH turba	1	1	0	1	?	?	1	1	1	1	?	1	1	1	1	
		Contenido en carbono	1	1	0	1	?	?	1	1	?	1	?	0	1	0	1	1
		Densidad de la turba	?	1	1	1	?	1	1	1	0	1	?	0	1	0	1	1
		Nitrógeno	1	1	0	1	?	0	1	1	1	1	?	?	1	?	1	1
		Fósforo	1	?	0	1	?	0	1	1	?	?	?	?	1	?	1	1
		Potasio	1	?	0	1	?	0	1	1	?	?	?	?	1	?	1	1
		Calcio	1	1	0	1	?	0	1	1	?	?	?	?	1	?	1	1
	Propiedades del agua	Magnesio	1	1	0	1	?	0	1	1	?	?	?	?	1	?	1	1
		pH agua	1	1	0	1	?	?	1	1	1	1	?	1	1	1	1	1
		Conductividad eléctrica	1	1	0	1	?	?	1	1	1	?	?	?	1	?	1	1
		Calcio	1	1	0	1	?	?	1	1	0	?	?	?	1	?	1	1
		Magnesio	1	1	0	1	?	?	1	1	0	?	?	?	1	?	1	1
		Potasio	1	1	0	1	?	?	1	1	0	?	?	?	1	?	1	1
		Sodio	1	?	0	1	?	?	?	0	0	?	?	?	1	?	0	1
		Nitrato	1	1	0	1	?	?	1	1	1	?	?	?	1	?	1	1
Propiedades biológicas	Fosfato	1	1	0	1	?	?	1	1	0	?	?	?	1	?	1	1	
	Sulfato	?	1	0	1	?	?	?	?	1	?	?	?	1	?	?	1	
	Actividad microbiana funcional	?	1	1	1	?	1	1	1	?	?	?	?	?	?	1	?	



### 3.3.1. Estrategia de inspección y muestro

#### Estrategia de inspección (factores extrínsecos)

Como ya se ha comentado, buena parte de los factores extrínsecos, especialmente aquellos con efectos directos sobre las turberas, como serían el drenaje artificial (presencia de zanjas o drenajes enterrados), la ausencia de cubierta vegetal o transformaciones graves de la vegetación (como el uso agrícola o la repoblación forestal), la extracción de turba, la ocupación del tipo de hábitat con infraestructuras, su uso como lugar de depósito de residuos, o los incendios, son relativamente fáciles de reconocer *de visu* en el campo y, en muchas ocasiones, a través de herramientas remotas (imágenes satélite, ortofotografías o drones). Para la evaluación de la presencia y el grado de afección de los factores extrínsecos en los tremedales mesoeutróficos se recomienda la utilización de la plantilla del Anexo II. La mayor parte de estos tremedales tienen dimensiones reducidas que permiten la inspección visual recorriendo el perímetro y haciendo transectos a lo largo de la misma. Cuando por algún motivo este tipo de inspección sobre el terreno no sea posible, puede recomendarse la inspección desde zonas altas de terreno o incluso el uso de drones.

#### Estrategias de muestreo (factores intrínsecos – turba)

Para el seguimiento, las muestras se tomarán siempre a escala de mesotopo, seleccionándose un número representativo de los distintos mesotopos que conforman el macrotopo. Como en el caso de las paraturberas, la presencia de afecciones visibles en la turbera ha de ser un criterio que influirá en la estrategia de toma de las muestras sobre las que se llevará a cabo la determinación de los factores intrínsecos. Cuando no haya afecciones visibles en la superficie de la turbera el muestreo será de tipo aleatorio, mientras que en el caso de que las haya han de tomarse muestras tanto en el área afectada como en las no afectadas. Si el área afectada fuese relativamente limitada podrían, por ejemplo, tomarse muestras puntuales en la misma y muestras aleatorias en el área no afectada; mientras que, si el área afectada fuese mayor, sería aconsejable hacer un muestreo aleatorio en ambas. En este tipo de situaciones también puede ser recomendable tomar muestras a lo largo de un transecto que vaya desde el área afectada a un área aparentemente no afectada para evaluar donde termina la afección.

Como criterio general, en cada toma de muestras se recomienda muestrear al menos los 15 cm superficiales (excluyendo la vegetación de la superficie) y mantener siempre la estructura de la turba. Es decir, ha de evitarse la compactación de la muestra. Para conseguirlo puede ser de ayuda realizar el muestreo con un cilindro con los bordes cortantes. Este puede ser de fabricación propia, empleando un tubo de PVC con los bordes más o menos biselados o una sonda comercial. En cualquier caso, el diámetro del tubo ha de estar comprendido entre los 7 y los 10 cm.

El número de muestras a tomar dependerá de las dimensiones del tremedal y de las afecciones observadas en la misma. Se recomienda que siempre se tomen un mínimo de tres muestras por mesotopo, pero este número puede resultar insignificante en sistemas de gran extensión o en sistemas pequeños con zonas diferenciadas en función de sus afecciones. Por ello, proponemos, análogamente a paraturberas, que, manteniendo el mínimo de tres muestras para turberas sin afecciones y con un área máxima de 10 000 m<sup>2</sup>, para turberas sin afecciones y con un área mayor el número de muestras se calcule según la siguiente fórmula:  $n = a / 10\,000 \times 3$ , donde 'n' es el número de muestras y 'a' el área de la turbera en m<sup>2</sup>.



Las muestras de turba han de transportarse al laboratorio de manera que se asegure que su estructura se mantiene intacta. En el caso de que las medidas no puedan efectuarse de inmediato y las muestras hayan de ser almacenadas, el almacenaje ha de realizarse manteniendo la estructura intacta y en condiciones de refrigeración (a 4-5°C).

Muchas de las investigaciones llevadas a cabo en turberas frecuentemente se aproximan mediante estrategias de muestreo en profundidad. Es decir, se toman testigos de varios metros de profundidad, a menudo llegando al espesor máximo de la turbera. Bajo supervisión y en condiciones concretas, se podría recomendar el muestreo de testigos de mayor profundidad de los 15 cm recomendados, en el contexto de la determinación del estado de conservación, para evaluar cambios en la vertical a nivel de estructura y propiedades.

### Estrategias de muestreo (factores intrínsecos – aguas)

La cantidad y la calidad de agua juegan un papel determinante en el tipo de vegetación y flora que sustentan los tremedales mesoeutróficos y un conocimiento básico de su hidrología resulta esencial para entender los cambios que puedan sufrir en el tiempo. Este hecho hace necesario conocer las características tanto de las aguas que alimentan el tremedal como las de la propia turbera. Además, dada la diversidad de condiciones hidrológicas que se pueden dar en estos tremedales, tanto los 'tipos de agua' a analizar, como la periodicidad de las mismas, deberá adaptarse a las condiciones de cada enclave.

- **Agua de alimentación de la turbera.** Se deberán tomar muestras, al menos, de las aguas de entrada de la turbera, cuando esta sea alimentada por aguas circulantes, de otros flujos superficiales (p. ej. escorrentías cuando sea el caso), de fuentes, cuando sea el caso, y, de ser posible, del agua subterránea en los tremedales confinados. La periodicidad de la toma de muestra debería ser estacional en una primera fase.
- **Agua de la turba.** Dentro de la turbera, y en función de las características de la misma, existen diversas opciones de toma de muestra, aunque para una caracterización inicial resultaría importante un muestro lo más completo posible. En concreto habría que disponer de información de aguas de charcas (estacionales y permanentes), de poros (obtenida por succión o estrujado) y, en caso de existir en el tremedal, de *hummocks* (su importancia reside en que en estos tremedales pueden marcar tendencias evolutivas hacia condiciones de mayor acidez). Como en el caso anterior, la toma de muestra debería, al menos, ser estacional. De no ser posible obtener agua de poro existe la alternativa de extraer el agua de la turba por succión en el laboratorio, obtener un extracto de saturación de la turba (mejor a partir de muestra húmeda) u obtener un símil del agua de la turba mediante el equilibrado de una cantidad de turba con agua desionizada tras un tiempo de equilibrio. En todo caso el agua que se analice en cada enclave ha de ser siempre obtenida por el mismo método para poder realizar comparaciones a lo largo del seguimiento.

Al igual que en el caso del muestreo de turba, las muestras de agua se tomarán a nivel de mesotopo y, a efectos de seguimiento, siempre en el mismo lugar. Para el muestreo de aguas puede optarse por el análisis de la de pequeñas charcas presentes en la superficie de la turbera, así como por el análisis de aguas de poro. El muestreo de aguas de poro puede efectuarse



mediante estrujado de una sección de turba o en campo empleando una jeringuilla (Rausch *et al.* 2006), así como también de manera más o menos continuada mediante la instalación de equipos de succión en el campo (Broder *et al.* 2012). Se anotarán, junto con la medida, las condiciones hídricas en las que fue tomada la muestra. Es decir, si cuando se tomó la muestra había llovido hacía poco, si por el contrario fue durante un periodo de cierta sequía, etc. En general, se recomienda que el muestreo de aguas se efectúe un par de días después de un evento de lluvia para asegurar encontrar charcos superficiales. Sin embargo, dado que existe una falta de información sistemática a este respecto, no podría descartarse un efecto de dilución si las muestras de agua se toman en periodos de elevadas precipitaciones.

### Estrategias de muestreo (cubierta vegetal: flora/vegetación)

Para la caracterización de la flora y la vegetación es necesario realizar inventarios de presencia/ausencia y abundancia de las especies y su fenología, lo que exige un análisis al menos estacional y durante un número significativo de años. En el caso de los tremedales mesoeutróficos es además importante tener en cuenta la posible existencia de microhábitats indicadores de estados evolutivos hacia la acidificación, lo que exige llevar a cabo transectos representativos. Cuando se detecten variaciones microtopográficas (charcos, montículos, crestas, etc.) o áreas con diferentes grados de oscilación del nivel freático también es recomendable determinar las especies características de cada microtopo.

El tipo de muestreo más aconsejado es el preferencial, en el cual la ubicación de las parcelas es seleccionada de forma subjetiva, en detrimento de muestreos al azar o sistemáticos que necesitarían más tiempo, trabajo e inversión. Además, se corre el riesgo de que pequeños microhábitats no sean estudiados. Se recomienda un análisis previo de cartografía, para predefinir las distintas unidades ambientales a visitar. En el campo, dentro de una unidad aparentemente homogénea, en lo que respecta a la vegetación, puede darse la necesidad de levantar más de una unidad muestral. Todos los muestreos deben incluir briófitos, debido al importante papel que juegan en estos ecosistemas.

Para la identificación de las especies de plantas vasculares se recomienda seguir Flora Ibérica (Castroviejo *et al.* 1986-2012), en el caso de briófitos Flora Briofítica Ibérica (Guerra *et al.* 2007-2018). A parte de un listado de especies se recomienda un estudio de la abundancia en las parcelas muestreadas, usando la escala de abundancia-dominancia de Braun-Blanquet (1979).

Dada la diversidad de tipos de comunidades vegetales que albergan los tremedales mesotróficos, su identificación es importante, tanto para la caracterización del tremedal como para poder evaluar cambios a lo largo del tiempo. Aspectos a tener en cuenta en el seguimiento de la cubierta vegetal son la presencia y grado de cobertura de especies características de la o las comunidades vegetales identificadas; la composición de la flora de musgos y su grado de cobertura, en particular de musgos pardos frente a especies de *Sphagnum*; la presencia y grado de cobertura de árboles, matorrales, plantas herbáceas expansivas y especies invasoras.



### 3.3.2. Descripción de factores extrínsecos e intrínsecos

A continuación, se hace una descripción de cada una de las propiedades a determinar para el seguimiento del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos. Se distinguen, por un lado, los factores extrínsecos (valorativos e informativos) y, por otro, los factores intrínsecos (valorativos, informativos o potencialmente informativos). Para cada uno de estos factores, se especifica el procedimiento de medición, la métrica utilizada y la periodicidad con la que han de ser determinados. Como se ha comentado, no se dispone de información sistematizada suficiente para indicar valores umbrales de los factores que se propone determinar y, cuando se hace, deben considerarse como preliminares y meramente orientativos en tanto no se disponga de una amplia base de referencia que permita caracterizar adecuadamente todos los tipos de tremedales en las distintas regiones biogeográficas del Estado español.

En las Tablas 9 y 10 se sintetizan los valores umbrales (cuando se dispone de ellos) para la distinción de los estados óptimo, subóptimo y malo de cada uno de los factores propuestos.



**Tabla 9** Valores umbrales para la valoración del estado de los factores extrínsecos (valorativos e informativos) considerados en el caso de los tremedales mesoeutróficos. Fuente: elaboración propia.

		Óptimo	Subóptimo	Malo	Unidades
<b>Factores extrínsecos</b>	<b>Efectos directos (valorativos)</b>				
	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	> 90% cubierta vegetal característica de tremedales mesoeutróficos	70-90% cubierta vegetal característica de tremedales mesoeutróficos	<70% cubierta vegetal característica de tremedales mesoeutróficos	%
	Drenaje artificial	Sin drenajes	-	Con drenajes	
	Extracción de turba y otros recursos minerales	Ausente	-	Presente	
	Incendios	Ausentes	Presentes, pero solo superficiales o afectando a un área < 20%	Presentes, con daños tanto en superficie como en profundidad, afectando a más de un 20% del área	%
	Captación de agua para usos múltiples	Ausentes	-	Presentes	
	Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras	Infraestructuras con mitigación del daño	Infraestructuras sin mitigación del daño	
	Carga ganadera	Nula o baja	Media	Alta	
	Fertilización	Sin fertilización	-	Con fertilización	
	<b>Efectos indirectos vía cuenca (informativos)</b>				
	Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca	Ausentes	Limitadas	Presentes	
	Contaminación de aguas superficiales	Nula	Baja	Media/alta	
	Erosión de los suelos de la cuenca	Nula/Muy baja	Baja/Media	Alta	
	Contaminación de los suelos de la cuenca	No evidente	-	Evidente	
	Fertilización de los suelos de la cuenca	Nula/muy baja	Baja/media	Alta	
	Deforestación y cambio de uso en la cuenca	Ausencia	Baja.	Media/alta.	
	<b>Efectos indirectos vía atmósfera (potencialmente informativos)</b>				
	Contaminación atmosférica	-	-	-	
Cambio climático inducido	-	-	-		



**Tabla 10** Valores umbrales para la valoración del estado de los factores intrínsecos considerados en el caso de los tremedales mesoeutróficos. Fuente: elaboración propia.

		Óptimo	Subóptimo	Malo	Unidades
<b>Factores intrínsecos</b>	<b>Propiedades de la turba (valorativas)</b>				
	pH de la turba	≥ 5,5			
	<b>Propiedades de la turba (potencialmente informativas)</b>				
	Contenido en carbono	> 15	-	-	%
	Densidad de la turba	-	-	-	g cm <sup>-3</sup>
	Composición elemental (N, P, S, K, Ca, Mg)	-	-	-	%
	<b>Propiedades del agua (potencialmente informativas)</b>				
	pH del agua	>5,5	-	-	
	Conductividad eléctrica	-	-	-	mS cm <sup>-1</sup>
	Cationes (Ca, Mg, K, Na)	-	-	-	mg L <sup>-1</sup>
	Aniones (nitrato, fosfato, sulfato)	-	-	-	mg L <sup>-1</sup>
	<b>Propiedades biológicas (potencialmente informativas)</b>				
Actividad microbiana funcional	-	-	-		



## Factores extrínsecos

La evolución y los tipos de amenazas que afectan o pueden afectar a los tremedales mesoeutróficos son muy variables según la naturaleza del tremedal, es decir, tremedales de montaña, de valle o costeros, y según la región biogeográfica en que se encuentren.

Los factores extrínsecos (valorativos) con efectos directos sobre el tremedal son:

### ■ **Cubierta vegetal y transformación de la vegetación**

- **Descripción:** al igual que en el caso de las paraturberas, la existencia de una cubierta vegetal es fundamental para evitar la erosión de las capas superficiales de turba. Del mismo modo, en caso de haber una cubierta vegetal es necesario distinguir si la vegetación dominante es la típica de turberas o si, por el contrario, está dominada por especies cultivadas, invasoras o por repoblaciones forestales.
- **Procedimiento de valoración y valores umbrales:** la valoración de este factor y el tipo de muestreo es igual que el propuesto para paraturberas (ver apartado 2.3.2 para más detalles). Se hará mediante inspección visual en campo y el tipo de muestreo más aconsejado es el preferencial, en el cual la ubicación de las parcelas es seleccionada de forma subjetiva, en detrimento de muestreos al azar o sistemáticos que necesitarían más tiempo, trabajo e inversión. Se considerará óptimo cuando el >90% de la cubierta vegetal sea característica del tipo de hábitat de tremedal mesoeutrófico, subóptimo cuando esté entre 70-90% y malo cuando sea <70%.
- **Periodicidad:** anual, preferentemente durante el periodo de floración, primavera-verano.

### ■ **Drenaje artificial**

- **Descripción:** al tratarse de ecosistemas húmedos, las modificaciones del sistema hidrológico afectan de manera directa a su naturaleza. Se entiende por drenaje cualquier apertura de zanjas de profundidad variable para evitar el encharcamiento y facilitar la dedicación del humedal a la agricultura extensiva, la silvicultura o la ganadería, o a la estabilización de infraestructuras, que da lugar a la pérdida de agua de la turbera y supone un descenso del nivel freático, un aumento de la aireación de la misma y puede afectar a las especies características del tremedal, favoreciendo su colonización por otras especies. De forma natural los tremedales están sujetos a ciclos naturales en los que su estado hídrico puede verse modificado de forma que pequeños cambios hídricos son suficientes para producir alternancia en las comunidades vegetales. Sin embargo, cuando este se altera de manera severa, como consecuencia de la apertura de zanjas o drenajes, los daños pueden ser irreversibles.
- **Procedimiento de valoración y valores umbrales:** la valoración de este factor se hará mediante inspección visual en campo. Puesto que el mantenimiento del régimen hidrológico de tremedales es clave para el mantenimiento de las funciones hidrológicas de los mismos, solo se consideran dos posibles estados: con drenajes o sin drenajes.
- **Periodicidad:** anual.



#### ■ Extracción de turba y otros recursos minerales

- Descripción: la extracción comercial de turba, generalmente para su uso como sustrato en horticultura o como combustible, agota un recurso no renovable ya que excede la tasa natural de acumulación. En los tremadales la extracción de turba causa, además de la eliminación del sustrato, todos los efectos derivados de las labores de drenaje asociadas a su extracción, es decir, una fuerte reducción de la capacidad de regeneración de la turbera, debida a la pérdida de las especies vegetales y sus diásporas, y la destrucción del acrotelm. La turba desnuda, expuesta al aire, puede sufrir procesos irreversibles de desecación que causan su compactación, modificándose su porosidad y sus propiedades hidráulicas, impidiéndose así su regeneración y haciendo a la turbera más susceptible al fuego. En los tremadales también se pueden extraer recursos minerales como áridos (arenas y gravas) que pueden degradar los humadales existentes.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo, debiéndose estimar la extensión del daño causado por la extracción de turba, así como el posible grado de regeneración del tipo de hábitat. Para valorar el grado de afección que supone para la estructura y función de las turberas la extracción de turba consideramos que esta variable es dicotómica de modo que si hay extracción de turba o de otros recursos minerales el estado de conservación será malo y solo será óptimo si no la hay.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Incendios

- Descripción: el fuego degrada la capa de turba, pero también afecta a las comunidades vegetales, bien eliminando aquellas especies propias de los ecosistemas de turbera, bien, a través de un efecto de fertilización por cenizas, favoreciendo la entrada de especies nutricionalmente más exigentes y de carácter invasor, incluidas las especies de pasto. En las turberas, igual que en las paraturberas, los incendios suelen estar dominados por fuegos que ocurren de manera muy lenta y sin llama. Este tipo de fuegos pueden mantenerse, aunque haya bajas temperaturas, alta humedad y bajas concentraciones de oxígeno, por lo que pueden durar largos periodos de tiempo (semanas, meses y ocasionalmente incluso más). La combustión con llama, aunque menos común, puede coexistir con la combustión sin llama, y de hecho muy frecuentemente el fuego sin llama da lugar a nuevos focos de fuego con llama. Los fuegos deterioran la estructura vertical y favorecen la degradación de la materia orgánica de la turba, además de afectar a la biodiversidad del sistema.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. Se considerará que este factor tiene un estado óptimo cuando no existan evidencias de quema, subóptimo cuando existan evidencias de quema en menos de un 20% de la superficie del enclave y malo cuando estas evidencias sean superiores al 20%.
- Periodicidad: anual.



#### ■ Captación de agua para usos múltiples

- Descripción: hace referencia a la extracción de agua del tremedal que puede afectar a la calidad de las aguas al modificar el equilibrio natural entre las aguas superficiales y las subterráneas. En casos extremos, puede llegar incluso a la desecación del tremedal durante períodos de tiempo más o menos largos.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor se hará mediante inspección visual en campo. Puesto que el mantenimiento del régimen hidrológico de la turbera es clave para el mantenimiento de las funciones hidrológicas de la misma solo se consideran dos posibles estados: con captaciones o sin captaciones de agua.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Ocupación con infraestructuras y otras alteraciones

- Descripción: la construcción de infraestructuras, en especial en zonas próximas a la costa y en algunas zonas de montaña, donde la presión es mayor, tiene efectos tanto directos sobre las áreas en que se desarrollan estos tipos de hábitat, como indirectos, cuando afectan a la cuenca de alimentación del humedal. Entre estas afecciones se encuentran la urbanización, la construcción de carreteras y otras vías de acceso, la instalación de aerogeneradores, la creación de embalses de retención de agua y otras obras hidroeléctricas, las canalizaciones, el dragado o relleno para urbanización, el desarrollo turístico o industrial, el uso excesivo o inadecuado de los recursos hídricos (p. ej. sobreexplotación de acuíferos, captaciones de agua, vertidos directos de aguas residuales) y diversas actividades y obras relacionadas con la actividad turística como son las rutas de senderismo, pistas de esquí, áreas de acampada, construcciones y equipamientos varios. Estas actividades pueden ocasionar la destrucción directa del tipo de hábitat, modificar las condiciones hidrológicas favoreciendo su desecación y afectando a la calidad del agua y, por lo tanto, a la biodiversidad que contiene, así como perturbar su papel como reservorios de carbono, o en determinados casos, afectar a la calidad de la nieve y alterar los procesos naturales de erosión y sedimentación necesarios para el mantenimiento de algunos tipos de vegetación pionera. Se deben incluir aquí otras alteraciones morfológicas como el recrecimiento, el excavado de los humedales para incrementar su capacidad de almacenamiento de agua o el uso de los tremedales para la deposición de residuos de diversa índole (agrícolas, industriales, de construcción, residuos sólidos urbanos, etc.), que causa una pérdida directa de extensión y calidad de la vegetación, de la fauna y del agua de este tipo de hábitat.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. La ausencia de infraestructuras marcará un estado óptimo, la presencia de infraestructuras que han sido instaladas con métodos de mitigación de daño (p. ej. geotextiles) le otorgará un estado subóptimo y la presencia de infraestructuras sin mitigación del daño un estado malo.
- Periodicidad: anual.



## ■ Carga ganadera

- **Descripción:** los tremedales son sensibles a cambios en los niveles de pastoreo. Muchos de ellos han sido desde hace tiempo utilizados para el pastoreo extensivo, como abrevaderos o frecuentados por fauna silvestre. Un exceso de carga ganadera puede generar efectos negativos sobre el humedal. Entre estos efectos están la formación de áreas sin vegetación y el efecto físico de compactación del pisoteo por el ganado en sustratos con baja capacidad de porte como las turberas. También, la influencia del ramoneo sobre la vegetación, agravada por la presión preferencial sobre determinadas especies y zonas del humedal, puede dañar a alguna especie en particular y, al evitar el ganado las especies leñosas, favorecer la colonización por especies arbóreas o arbustivas. Por otra parte, algunos de estos ambientes, en especial los que se caracterizan por la existencia de comunidades vegetales pioneras, pueden verse afectados por una disminución de la carga ganadera que puede favorecer la evolución de la vegetación hacia estados más maduros, haciendo desaparecer el tipo de hábitat. Por ello, en muchos casos, resulta esencial la búsqueda de una carga ganadera adecuada que ayude a la preservación del tipo de hábitat, pero que impida su degradación. Otros efectos que se deben evaluar son los efectos que los excrementos del ganado puedan tener sobre las comunidades vegetales, en especial por modificaciones causadas en el estado nutritivo del humedal, por aportes de P y, sobre todo, de N, que pueden favorecer el desarrollo de otras especies más exigentes y afectar a las comunidades de microorganismos.
- **Procedimiento de valoración y valores umbrales:** la evaluación de este factor se efectuará de manera cualitativa mediante inspección visual en campo (si se considera necesario podría utilizarse un recuento de excrementos por unidad de superficie que puede permitir un seguimiento de la variación en la intensidad de la carga ganadera). Se distinguen las categorías de carga ganadera nula o baja (estado óptimo), media (estado subóptimo) y alta (estado malo). Además, serán relevantes para este factor la evaluación de factores intrínsecos como la densidad de la turba (el pisoteo excesivo del ganado favorece la compactación de las capas superficiales de la turbera) o el contenido de nitratos o fosfatos (la actividad ganadera aumentaría el contenido de estos nutrientes en el sistema).
- **Periodicidad:** anual.

## ■ Fertilización

- **Descripción:** la conversión de turberas en pastos a menudo implica la fertilización de las mismas para favorecer el desarrollo de especies vegetales con mayor interés forrajero. El efecto más inmediato de la fertilización y el uso de enmiendas es el incremento de nutrientes en los suelos y la eutrofización de las masas de agua, en ambos casos favoreciendo a especies que compiten con las especies características de estos tremedales y causando posibles efectos en las comunidades invertebrados y microorganismos.
- **Procedimiento de valoración y valores umbrales:** la evaluación de este factor se efectuará de manera cualitativa mediante inspección visual en campo. Puede haber sospechas de fertilización cuando se aprecian cambios de la vegetación del tremedal hacia pastizal. Así, se distinguen dos categorías: sin fertilización aparente y con fertilización aparente (estado óptimo y malo, respectivamente). Además, serán relevantes para la evaluación de la influencia de este factor la determinación de los factores intrínsecos de pH del agua y de la turba, así



como la medida de los valores de Ca, Mg, N, P y K, al menos en el agua. En el caso de haber fertilización se esperaría un aumento del pH, así como un incremento del Ca (en el caso de encalado) y de los valores de N, P y K (en el caso de fertilización mineral).

- Periodicidad: anual.

Los factores extrínsecos con efectos indirectos sobre el tremedal vía atmósfera (informativos) son:

#### ■ **Contaminación atmosférica**

- Descripción: no son de esperar efectos importantes por contaminación atmosférica, salvo aquellos casos que al generar enriquecimiento o hipertrofización pueden afectar a especies clave, en particular a los briófitos, así como conducir a una disminución de la biodiversidad específica al favorecer el aumento de graminoides altos o de cárices. El caso más probable se puede deber a fertilización por aportes atmosféricos de nitrógeno y azufre cuando se exceden las cargas críticas del ecosistema. Tasas elevadas de deposición de N o S, que interfieren en la nutrición en otros elementos, pueden producir cambios en las comunidades vegetales, afectando a la diversidad biológica, así como modificar los mecanismos de acumulación de turba y, por tanto, de carbono. Por otro lado, la deposición de metales pesados, sobre todo en casos extremos, puede afectar al desarrollo de especies sensibles y, en casos extremos, afectar al proceso de formación de turba. Se trata de un aspecto de difícil evaluación y solución, pues implica a focos de emisión alejados de la ubicación del tipo de hábitat y a actividades no relacionadas directamente con la gestión del tipo de hábitat. Seguimientos periódicos de la deposición de N, S y metales podrían ser de utilidad para evaluar la contaminación atmosférica.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor deberá efectuarse preferencialmente en zonas en las que existan evidencias de contaminación por compuestos de N, de S o de metales en la atmósfera. La valoración se basará en la determinación de las propiedades de la turba y del agua de la turbera.
- Periodicidad: bianual.

#### ■ **Cambio climático inducido**

- Descripción: aunque existe una considerable falta de certeza para definir las consecuencias del cambio climático, su incidencia sobre las condiciones del clima (temperatura, modificaciones en la distribución y cantidad de lluvia, variaciones del nivel de mar, retirada de los glaciares en algunos enclaves, cambios en el contenido en gases de la atmósfera, etc.) y, por tanto, sus efectos sobre los tipos de hábitat y especies tanto vegetales como animales (distribución, grado de encharcamiento, biodiversidad, fenología, estructura de las comunidades, etc.), se considera que pueden llegar a ser importante, en especial sobre aquellos que existen en un margen estrecho de condiciones ambientales. Así, las variaciones en la cantidad y distribución de la precipitación pueden incidir sobre el nivel freático de los tremedales y sus oscilaciones, en especial en áreas endorreicas y ambientes dependientes de las aguas subterráneas, con el consiguiente efecto sobre las comunidades que lo habitan. También, especialmente en el caso de los tremedales situados en las zonas más frías, los



posibles incrementos en la temperatura y el descenso del nivel freático favorecerían un aumento de la mineralización de la materia orgánica y un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera desde estos importantes sumideros de carbono, así como cambios en los ciclos biogeoquímicos. Por otra parte, debido a las especiales condiciones en las que se desarrollan algunos tipos de hábitat (sería el caso de los tremedales alcalinos con especies del THIC 7240\* Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritimae*, heredadas de períodos glaciares), el cambio climático puede afectar a las especies características de estos tipos de hábitat en función de su capacidad de aclimatación a condiciones ambientales menos extremas y a variaciones en el aporte y persistencia de la nieve. La influencia del calentamiento global dependerá del ritmo al que se produzca en estos ámbitos y de la capacidad de adaptación de las poblaciones a las nuevas condiciones, que a su vez son función de su tamaño y variabilidad genética.

- Procedimiento de valoración y valores umbrales: aunque hay procedimientos para valorar la evapotranspiración de la turbera (mediante la instalación de lisímetros) o para valorar el estado de descomposición de la turba (escala Von Post, determinación de la humificación de la turba, relación C/N, etc.), es muy difícil determinar una relación unívoca entre un determinado valor y el cambio climático inducido. Además, la dinámica de las turberas, que funciona en escalas de tiempo muy largas, complica todavía más esta labor. Por ello, aunque estos son aspectos que deben de ser abordados por la investigación científica, incluirlos como un procedimiento de rutina para evaluar el estado de conservación es complicado.
- Periodicidad: no se define.

Los factores extrínsecos con efectos indirectos sobre el tremedal vía cuenca (informativos) se describen a continuación. Al tratarse de turberas minerogénicas, los tremedales mesoeutróficos son susceptibles de recibir material edáfico y agua de la cuenca.

#### ■ **Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca**

- Descripción: se refiere a los efectos que son transferidos al tipo de hábitat por operaciones en la cuenca en la que se encuentra el humedal entre los que cabe citar la construcción de embalses, los trasvases entre cuencas, las modificaciones de la red hidrológica y la regulación de cauces, la canalización, encauzamiento o construcción de diques en los cauces, entre otras. En tipos de hábitat cuya formación y persistencia es dependiente del aporte de agua y de su naturaleza físico-química, cualquier actividad en la cuenca de alimentación que incida sobre la cantidad y calidad del suministro de agua influye sobre este. Entre las actividades que de forma indirecta pueden causar daños, por afectar a las áreas pantanosas están: modificaciones en el régimen hidrológico (sobreexplotación de acuíferos, construcción de infraestructuras hidráulicas, etc.), deforestación y cambios de uso del suelo en la cuenca, contaminación de los suelos y las aguas de escorrentía, fertilización y erosión de suelos y colmatación asociada, fertilización y cambios de usos del suelo, etc. Estas modificaciones se traducen en variaciones de la capa freática, aumento de la carga de nutrientes y partículas sólidas y, en último caso, inundación o colmatación del humedal. Las actividades en la cuenca también pueden afectar a los procesos morfológicos de rejuvenecimiento, necesarios para la preservación de algunas



comunidades pioneras como las que caracterizan el THIC 7240\* Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritimae*.

- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de este factor se efectuará *de visu* en el campo. Se distinguen tres categorías: no hay modificaciones (estado óptimo), las modificaciones ocurren a una escala limitada (estado subóptimo) o las modificaciones afectan de forma significativa al régimen hidrológico del tremedal (estado malo). Ejemplos de afecciones que pueden modificar el régimen hidrológico de la cuenca serían por ejemplo las modificaciones en el curso de ríos o la construcción de embalses, entre otras.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Contaminación de aguas superficiales

- Descripción: las turberas tienen un importante papel como depuradoras de las aguas que por ellas circulan. Sin embargo, determinados procesos de contaminación de aguas superficiales (vertidos de aguas residuales e industriales, procedentes de ganadería o acuicultura, escorrentía de nutrientes, pesticidas y herbicidas de uso agrícola, etc.) suponen un riesgo especialmente significativo en las turberas de zonas bajas, muy susceptibles a la escorrentía procedente de las actividades en la cuenca de alimentación. La eutrofización de las aguas puede tener efectos sobre el estado ecológico de las turberas y resultar perjudicial para determinadas especies clave.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la contaminación de aguas superficiales puede deberse a factores muy diversos (contaminación orgánica con N y P, contaminación por uso excesivo de fertilizantes o herbicidas, presencia de vertidos de origen diverso, etc.). Los procedimientos para la valoración de la contaminación de aguas superficiales pueden ser también diversos y han de estar adaptados al tipo de contaminación que se desee detectar. En este sentido sería interesante ajustarlos a aquellos que se definen para los ecosistemas acuáticos de la Red Natura 2000. Con relación a la determinación de este factor en el ámbito de la evaluación del estado de conservación de las turberas a escala local, se hará una simple valoración cualitativa en base a la información disponible, en la que se distinguen tres posibles estados: sin evidencias de contaminación, con evidencias de contaminación baja y con evidencias de contaminación media o alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). La información acerca del estado de los cursos de agua de la cuenca puede obtenerse a partir de las evaluaciones obtenidas de las administraciones autonómicas en el ámbito de la Red Natura 2000 o en otros ámbitos, o a partir de las evaluaciones de otras entidades de conservación ambiental, como ayuntamientos u organizaciones sin ánimo de lucro. En el caso particular de los tremedales mesoeutróficos podría resultar conveniente realizar un control de las aguas que llegan a la turbera con la misma periodicidad y las mismas variables que se proponen para evaluar la calidad de las aguas de la turbera.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Erosión de los suelos de la cuenca

- Descripción: la erosión de los suelos de la cuenca además de aumentar la carga de material inorgánico, frecuentemente supone una entrada de nutrientes a la turbera, modificando las



condiciones tróficas de la misma y pudiendo afectar tanto a la descomposición de la materia orgánica de la turba como a las comunidades vegetales, animales y microbianas.

- Procedimiento de valoración y valores umbrales: para evaluar la erosión de los suelos de la cuenca se hará una inspección visual de la zona y se determinará de modo cualitativo si esta es nula/muy baja, baja/media o alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). Se considera que la erosión en la cuenca es nula o muy baja cuando la mayor parte de la superficie está cubierta de vegetación y no se aprecian signos evidentes de erosión; la erosión es baja o media, cuando parte de la superficie de la cuenca no tiene cubierta vegetal y se aprecian algunos signos de erosión en zonas aisladas; y es alta, cuando en buena parte de la superficie los suelos estén expuestos y tienen signos evidentes de erosión como sequedad, agrietamiento, presencia de surcos, entre otros.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Contaminación de los suelos de la cuenca

- Descripción: los tremedales son muy susceptibles de recibir aportes minerales de los suelos de la cuenca. Por ello, en caso de que los suelos de la cuenca estén contaminados, serán más susceptibles a la transferencia de dichos contaminantes. La gravedad y los efectos de esta contaminación dependerán de la cantidad de suelo contaminado y de sus propiedades, así como de la naturaleza y la intensidad de la contaminación en el suelo de origen.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: al igual que en el caso de la contaminación de aguas, las fuentes de contaminación pueden ser muy variadas por lo que en la realización de análisis rutinarios en el contexto de la evaluación del estado de conservación de turberas no parece muy viable. La valoración se hará en base a la información disponible y se distinguirán dos categorías, contaminación no evidente y evidente (estado óptimo y malo, respectivamente). En el caso de ser evidente se recomienda la realización de analíticas específicas para determinar la naturaleza y la fuente de la contaminación. Una vez que estas hayan sido determinadas se recomienda la realización de analíticas específicas en la turbera.
- Periodicidad: anual.

#### ■ Fertilización de los suelos de la cuenca

- Descripción: puesto que son turberas minerotróficas, los tremedales mesoeutróficos reciben agua de escorrentía de los suelos de la cuenca, por lo que las modificaciones del estado nutricional de estos últimos, pueden suponer que, aunque de manera indirecta, también se produzca una entrada de nutrientes en la turbera.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: la valoración de la fertilización de los suelos de la cuenca se hará de manera cualitativa atendiendo a los usos del suelo. Cuando la vegetación de la cuenca sea natural o seminatural se inferirá que el nivel de fertilización es nulo o muy bajo (estado óptimo); cuando exista un cierto manejo, como la presencia de pequeñas huertas o plantaciones, se inferirá un nivel de fertilización bajo o medio (estado subóptimo); mientras que, cuando los suelos de la cuenca sean objeto de uso agrícola o forestal semintensivo (muchas pequeñas plantaciones) o intensivo (una gran plantación), o haya evidencias directas de aplicación de fertilizantes, se asumirá que el estado es malo.



- Periodicidad: anual.

#### ■ Deforestación y cambio de uso en la cuenca

- Descripción: la deforestación y el cambio de uso de los suelos de la cuenca, pasando por ejemplo de una vegetación dominada por bosque o pastizal natural o seminatural a un uso ganadero, agrícola o forestal pueden, además de modificar el estado nutricional de los suelos de la cuenca debido a la posible fertilización, aumentar la escorrentía superficial y la erosión provocando modificaciones del régimen hidrológico y el nivel trófico de las turberas. Ha de tenerse en cuenta que se entiende también por cambio de uso un aumento de la presión urbanística o la construcción de infraestructuras como carreteras, puentes, etc.
- Procedimiento de valoración y valores umbrales: para valorar este factor se hará una evaluación cualitativa de las modificaciones en el uso de la cuenca atendiendo a tres categorías: ausencia, baja o media, y alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). Se considerarán dentro de la categoría 'baja' la tala selectiva de algunos árboles, así como un cambio hacia un uso ganadero, agrícola o forestal moderado y/o la construcción de alguna pequeña infraestructura que no afecte al estado hídrico de la turbera y que suponga una escasa movilización de materiales edáficos. Se considerará dentro de la categoría 'alta' la tala sistemática de bosque, o la tala sistemática de plantaciones –cuando no se acompañe de medidas para limitar la erosión– en más de un 20% de la superficie de la cuenca (aproximadamente). También se considerará dentro de la categoría 'alta' un cambio hacia un uso ganadero, agrícola o forestal, así como la construcción de alguna infraestructura que pueda afectar al estado hídrico de la turbera y que suponga una movilización de materiales edáficos.
- Periodicidad: anual.

#### Factores intrínsecos

Para evaluar el estado de conservación de las turberas será de gran importancia la determinación de las propiedades de la turba, las propiedades del agua y las propiedades microbiológicas, que ofrecen una información cuantificable y de gran calidad. La mayor parte de estas propiedades tienen relación con los factores anteriormente descritos. La carencia de información sistematizada sobre las propiedades de las aguas y de los suelos que mantienen los tremedales mesoeutróficos hace necesaria la realización de estudios de caracterización que permitan determinar los factores o variables de control más adecuados, los valores de referencia que puedan reflejar su estado de conservación y la tendencia evolutiva y las potenciales amenazas a las que puedan estar sometidos. Por este motivo no es posible definir valores umbrales para la mayor parte de los factores que a continuación se describen. Es posible que, para algunos de los factores descritos, los umbrales superiores dados para turberas ácidas (tremedales oligotróficos, THIC 7140) pudieran servir como límites inferiores de referencia para los tremedales mesoeutróficos (podría ser el caso del pH del agua o de la turba, la conductividad eléctrica o el contenido en cationes como el Ca o el Mg), pero a falta de mayor conocimiento, no parece oportuno especificarlos.



## Propiedades de la turba (valorativas)

### ■ pH de la turba

- Definición: el pH de la capa superficial de turba, que depende de las propiedades químicas del agua que recibe el tremedal, e indirectamente del sustrato litológico, caracteriza el estado actual del tipo de hábitat, documenta el estado de sucesión del tremedal o de las modificaciones del pH del tremedal por causas naturales (p. ej. acumulación de turba y pérdida de contacto con las aguas superficiales o subterráneas) o antrópicas (descenso del nivel freático por drenaje del tremedal). En los tremedales mesoeutróficos una disminución del pH por debajo de valores próximos a la neutralidad sería indicativa de procesos de acidificación principalmente debidos a cambios en la naturaleza del agua que llega al ecosistema, generalmente causados por alteraciones del sistema hidrológico de la que procede. Los aumentos del pH son menos esperables dado que se trata de sistemas bastante amortiguados, pero, cuando se dan, pueden indicar procesos de eutrofización elevada ligados a la adición de fertilizantes, una elevada carga ganadera, la deposición de contaminantes atmosféricos, la erosión, un incendio, etc.
- Métrica: [H+] en escala p.
- Procedimiento estandarizado de medición: para la medida del pH se utiliza un pH-metro con un electrodo combinado de pH y una sonda CAT (Compensación automática de temperatura). El pH de la turba se medirá en campo anualmente mediante el empleo de un pH-metro para sólidos. En caso de no detectarse afecciones extrínsecas las medidas se realizarán de manera aleatoria y en un número representativo atendiendo a la superficie de la turbera. En caso de que haya afecciones extrínsecas visibles las medidas han de realizarse tanto en la zona afectada como en las zonas no afectadas. Cuando se tomen muestras de turba se determinará también el pH en el laboratorio. En este caso, se emplea una relación turba:disolución en volumen (vol/vol) que dependerá de la densidad de la muestra, de tal forma que la relación suelo (peso)/disolución (volumen) sea 1:2,5. Se recomienda utilizar muestras de turba en húmedo pues su secado puede provocar una modificación sustancial de su actividad y propiedades químicas reales (Pontevedra-Pombal 2002). El peso del volumen de turba empleado se calculará empleando la densidad de la turba determinada previamente.
- Definición de valores umbrales: atendiendo a la definición de los tremedales mesoeutróficos el pH deberá ser mayor o igual a 5,5. De ser más bajo se trataría de una turbera minerogénica ácida o, si a lo largo del seguimiento se apreciaran disminuciones del pH, serían indicativos de una tendencia a la acidificación.
- Periodicidad: anual (en campo), bianual (en laboratorio).



## Propiedades de la turba (potencialmente informativas)

### ■ Contenido en carbono de la turba

- Definición: se trata de un factor que informa sobre el contenido de materia orgánica de la turba, lo cual a su vez está relacionado con factores como la prevalencia de condiciones de hidromorfía, la presencia/ausencia de procesos de erosión, etc. Esto es así siempre que no haya evidencia de la presencia de carbonatos en la turbera (de ser así habría que determinar también el contenido en carbono inorgánico y descontarlo del valor de carbono total obtenido con el autoanalizador).
- Métrica: % (g/100g).
- Procedimiento estandarizado de medición: el carbono total se mide por combustión en un autoanalizador CNH en una submuestra seca finamente molida y homogeneizada de una masa de turba conocida (entre 100 y 200 mg).
- Definición de valores umbrales: tomando como base la definición que se hace de turba el contenido en carbono orgánico ha de ser de al menos un 15%. A partir de este valor el contenido en carbono de las turberas minerogénicas puede ser muy variable. Será importante prestar atención no solo al valor sino también a las tendencias, que podrían indicar cambios en las dinámicas de degradación de la turba o de los flujos de material mineral sedimentario.
- Periodicidad: bianual.

### ■ Densidad de la turba

- Definición: la densidad de la turba mide la masa de un volumen conocido de turba en su estado natural, es decir, el volumen que ocupan las partículas y los poros con su estructura interna intacta. Las turberas minerogénicas pueden tener variaciones importantes en la densidad en función de los aportes de materiales terrígenos a lo largo de su desarrollo. Estas variaciones pueden proporcionar información de interés sobre las condiciones en que se desarrolló el tipo de hábitat y, cuando están fuera del rango normal, ser indicativas de procesos de compactación o de procesos erosivos intensos en el entorno del tipo de hábitat que tienen como consecuencia un incremento del contenido en partículas inorgánicas.
- Métrica: g cm<sup>-3</sup>.
- Procedimiento estandarizado de medición: el método de medida se basa en determinar el peso que tiene una muestra de turba de volumen conocido tras haber sido secada a 105°C hasta obtener un peso constante (Lynn *et al.* 1974). En el laboratorio, con la ayuda de una jeringuilla a la que previamente se le ha cortado el extremo distal, se submuestrearán cilindros de turba a partir de los cilindros de turba tomados en el campo. La estructura de los pequeños cilindros ha de mantenerse intacta. El volumen de turba se puede calcular en función del diámetro y la altura del cilindro. Deben hacerse al menos tres réplicas por muestra. De los 10 cm se desechan los de 8 a 10 cm y se conservan los de 6 a 8 cm. Dentro de esa sección se tomarán tres cilindros de 2 cm de espesor y el diámetro de la jeringa, lo que permite calcular el volumen.
- Definición de valores umbrales: por definir.



- Periodicidad: bianual.

#### ■ **Composición elemental (N, P, S, K, Ca, Mg)**

- Definición: en general la turba, como material orgánico, tiene elevados contenidos de elementos biófilos (C, N, S, Ca, Mg, K) y bajas concentraciones de elementos litogénicos (Ti, Zr; procedentes de la deposición de materiales inorgánicos de los suelos del entorno o de polvo de deposición atmosférica). En los tremedales las cantidades de elementos litogénicos pueden ser más altas que las que se dan en otros tipos de turberas y las cantidades de Ca (y Mg) pueden ser muy variables, desde los límites superiores que se establecen para turberas minerogénicas ácidas, hasta valores mucho mayores que pueden ir acompañados del inicio de la precipitación de carbonato cálcico. Por el contrario, nutrientes como el P y el N, suelen estar presentes en cantidades muy bajas, por lo que valores elevados pueden ser indicadores de aportes externos (erosión en la cuenca, contaminación, fertilización o elevada carga ganadera). Por otra parte, la presencia de cantidades elevadas de S y bajos contenidos en carbonatos pueden indicar la presencia de sulfuros que, en caso de drenaje de la turba, pueden desembocar en procesos de acidificación muy intensos. Este hecho puede ocurrir, con mayor probabilidad, en ambientes próximos al litoral o por efectos de drenajes ácidos de mina cuando sea el caso.
- Métrica: %, mg kg<sup>-1</sup>.
- Procedimiento estandarizado de medición: el nitrógeno se determina habitualmente mediante autoanalyzer CNH, mientras que el fósforo, el potasio y el calcio totales pueden determinarse por medio de diversas técnicas analíticas. Recomendamos la fluorescencia de rayos X (Andrejko *et al.* 1983) por no requerir digestión previa de la muestra, al contrario de lo que ocurre en ICP-MS (Espectrometría de masas por plasma inducido acoplado) o EAA (Espectroscopia de absorción atómica).
- Definición de valores umbrales: por definir.
- Periodicidad: bianual.

#### **Propiedades del agua de la turbera (potencialmente informativas)**

La calidad de las aguas es un parámetro fundamental para la caracterización de los tremedales mesoeutróficos y de su estado evolutivo, permitiendo detectar posibles estados de contaminación, degradación o eutrofización. Aunque estas comunidades puedan presentarse en diversos tipos de condiciones de calidad de las aguas (desde ligeramente carbonatadas a ligeramente salobres) y de condiciones edáficas, el conocimiento en cada caso de las características físico-químicas de las aguas superficiales del tipo de hábitat y de su entorno parece una condición indispensable para la evaluación y seguimiento de su estado. Si bien es difícil de precisar, existe una relación entre la calidad de las aguas de estos tremedales y la vegetación que albergan. Además de las aguas del tremedal, en las que según los casos se debería diferenciar al menos la parte superior de la turba, y las aguas libres circulantes, deberían considerarse para su estudio las aguas de escorrentía superficial y subterránea (ríos, manantiales, fuentes, etc.), cuando sea el caso, de la precipitación (composición del agua de lluvia, y nieve).



A continuación, se definen las propiedades del agua de la turbera de determinación obligatoria (pH del agua, conductividad eléctrica y contenido en Ca, Mg, N y P). La determinación de estas variables debería realizarse en diferentes períodos del año (en una primera etapa de caracterización se considera suficiente un seguimiento estacional). Es también conveniente disponer de información sobre el nivel freático y sus oscilaciones a lo largo del año y de las características físico-químicas del agua en los períodos de máximo y mínimo nivel freático. En algunos casos, como en aquellos tipos de hábitat pioneros (THIC 7240\* Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritimae*), dependientes del aporte de aguas frías y oxigenadas, sería conveniente medir también la temperatura del agua y el oxígeno disuelto.

Las variables que se indican a continuación se consideran potencialmente informativas al no disponerse de información suficiente acerca de valores umbrales para este tipo de tremedales.

#### ■ pH del agua

- Definición: al igual que en el caso del pH de la turba, el pH del agua de los tremedales mesoeutróficos puede ser desde ligeramente ácido a alcalino, y cambiar según el tipo de agua que se analiza (de poro, de charcas, etc.), de las condiciones meteorológicas previas al momento de la realización de la medida o incluso de la estación del año (p. ej. en primavera, la mayor actividad biológica puede dar lugar a valores de pH más bajos que en invierno, cuando la actividad biológica es muy reducida). Variaciones de esta variable, hacia valores más altos o más bajos, siempre que se determine en condiciones comparables, pueden indicar modificaciones en el estado trófico del tipo de hábitat y, como consecuencia, influir en la flora o la vegetación del tipo de hábitat. Cambios en el pH hacia valores más ácidos podrían indicar una tendencia a la acidificación de los ecosistemas. Este efecto es más fácil de detectar en las aguas de niveles superficiales de la turba dado el poder de amortiguación de las aguas calcáreas. Aumentos significativos del pH podrían indicar procesos de eutrofización o fertilización. Se trata de una variable de fácil determinación e integradora de aspectos funcionales del tipo de hábitat.
- Métrica:  $[H^+]$  en escala p.
- Procedimiento estandarizado de medición: se puede medir directamente en charcas en superficie o mediante estrujado de turba. La medida del pH del agua de la turbera puede realizarse directamente en campo, es de fácil aplicación y de bajo coste. Para la medida de pH se utiliza un pH-metro con un electrodo combinado de pH y una sonda CAT (Compensación automática de temperatura). Es condición imprescindible utilizar siempre el mismo tipo de agua y en condiciones similares (estación del año, condiciones meteorológicas previas) para realizar el seguimiento.
- Definición de valores umbrales: un pH > 5,5 (característico de sistemas tamponados por el sistema bicarbonato) es en principio el que caracteriza a estos tremedales. Cambios en el pH hacia valores más ácidos (< 5,5) podrían indicar una tendencia a la acidificación de los ecosistemas. Este efecto es más fácil de detectar en las aguas de niveles superficiales de la turba dado el poder de amortiguación de las aguas calcáreas. Aumentos significativos del pH (por encima de 7) podrían indicar procesos de eutrofización o fertilización.
- Periodicidad: anual (en campo).



## ■ Conductividad eléctrica

- Definición: la conductividad eléctrica es una medida de los iones que hay en una disolución y se determina mediante la capacidad de transmisión de la corriente entre un cátodo y un ánodo. Se trata de una variable de fácil determinación tanto en campo como en laboratorio, que permite realizar una evaluación rápida de aspectos geoquímicos, relativos a la nutrición y sobre la calidad de las aguas del tipo de hábitat. Dado que estima la concentración de elementos en disolución del agua, es un indicador útil de su contenido en bases (Ca, Mg, K, Na) pero no de macronutrientes (N, P). Como en el caso de otros factores intrínsecos (pH, contenido en Ca y Mg), la conductividad eléctrica de las aguas de los tremedales mesoeutróficos puede ser muy variable. Ante la falta de información sistemática de las aguas de estos tremedales proponemos que esta variable, aunque de determinación obligatoria, no se considere informativa del estado de conservación del tipo de hábitat. Su determinación es de más utilidad para detectar cambios que pueden estar relacionados con afecciones al tipo de hábitat. Por ejemplo, valores muy bajos indicarían tendencia a la oligotrofia, mientras que los muy altos podrían ser indicativos de fertilización, exceso de carga ganadera o, cuando puede ser el caso, de aportes de aguas salobres.
- Métrica:  $\text{mS cm}^{-1}$ .
- Procedimiento estandarizado de medición: al igual que el pH, la medida de la conductividad eléctrica puede realizarse directamente en campo, es de fácil aplicación y de bajo coste. Se realiza una medida de los iones en disolución con un potenciómetro o un conductímetro. Existen equipos portátiles de coste asequible que permiten determinar conjuntamente pH, conductividad y temperatura.
- Definición de valores umbrales: por definir.
- Periodicidad: anual (en campo).

## ■ Cationes (Ca, Mg, K, Na)

- Definición: su determinación tiene utilidad para establecer la procedencia del agua (atmosférica o de escorrentía) y los impactos específicos (sobrecarga ganadera, incendios, fertilización, contaminación atmosférica, etc.). Dado el carácter mesoeutrófico de estos tremedales, las aguas deben tener unos contenidos mínimos en Ca (y, aunque menores, en Mg) y generalmente son bajas en K y Na. Pueden darse excepciones, en función de la litología (p. ej. influencia de rocas ricas en Mg como las serpentinitas) o cuando existe influencia marina (Na aportado por aguas subterráneas o por influencia del *spray* marino). Una disminución de contenido en Ca (y Mg) podrían ser indicativas de tendencias a la acidificación. En cambio, aumentos en estos cationes, en particular del K, son indicativos de fertilización, en el tremedal o en la cuenca.
- Métrica:  $\text{mg L}^{-1}$ .
- Procedimiento estandarizado de medición: la determinación analítica de estos aniones en disolución requiere técnicas y equipamientos sofisticados, por lo que es previsible que no siempre estén disponibles.
- Definición de valores umbrales: por definir.



- Periodicidad: anual.

#### ■ Aniones (nitrato, fosfato, sulfato)

- Definición: las aguas de los tremedales mesoeutróficos deben tener contenidos bajos en N y P y deben contener bajas concentraciones de estos aniones (nitrato, fosfato, sulfato) en disolución. Aumentos en las concentraciones de sulfato, salvo condiciones particulares del entorno, podrían ser indicativos de tendencias a la acidificación si van acompañados de descensos en el pH. La determinación de esta variable también tiene utilidad para determinar la procedencia del agua (atmosférica o de escorrentía) y los impactos específicos (sobrecarga ganadera, incendios, fertilización, contaminación atmosférica, etc.).
- Métrica: mg L<sup>-1</sup>.
- Procedimiento estandarizado de medición: la determinación analítica de estos aniones en disolución requiere técnicas y equipamientos sofisticados, por lo que es previsible que no siempre estén disponibles.
- Definición de valores umbrales: por definir.
- Periodicidad: anual.

### Propiedades biológicas (potencialmente informativas)

#### ■ Actividad microbiana funcional (opcional)

- Definición: ya que caracterizar las comunidades microbiológicas que habitan las turberas sería costoso, en tiempo y en dinero, se propone aproximarse al estado de estas comunidades mediante la caracterización de la actividad microbiana funcional.
- Métrica: variaciones verticales del AWCD (*Average well color development*).
- Procedimiento estandarizado de medición: por su rapidez y coste limitado, se propone la aplicación del kit comercial ©*Ecoplates*. Estudios recientes (Pérez-Rodríguez & Martínez-Cortizas 2014) muestran que existe un marcado patrón vertical en la actividad microbiana, por lo que ofrece un gran potencial para detectar cambios en la estructura vertical del depósito turboso.
- Definición de valores umbrales: por establecer.
- Periodicidad: se recomienda que sea al menos dos veces por sexenio; pero antes habría que desarrollar más investigación de base para definir las variaciones en condiciones no perturbadas.



### 3.3.3. Sistema integrado de evaluación a escala local (SIE<sub>L</sub>)

Siguiendo lo realizado para otros ecosistemas de turbera, sería recomendable el establecimiento de un Sistema integrado de evaluación (SIE) del estado de conservación de los tremedales mesoeutróficos, basado en información (no disponible en la actualidad), que esté en consonancia (al menos en la filosofía de base) con los que se empleen para otros tipos de hábitat de protección prioritaria. El SIE es una forma de sistematización de cómo ha de evaluarse el parámetro 'Estructura y función', tomando como referencia la aproximación cualitativa/cuantitativa (en este caso difícil de establecer por los motivos ya señalados) de los factores extrínsecos e intrínsecos que se han definido con anterioridad. Este sistema integrado ha de ser aplicable para cada tipo de hábitat de turbera, describir de una forma simple el estado de conservación dicho tipo de hábitat y las presiones y amenazas a las que está sometido, siendo lo suficientemente sencillo para ser aplicado por no especialistas, tras una formación básica. En esencia, el SIE del parámetro 'Estructura y función' a escala local (SIE<sub>L</sub>) ha de permitir determinar los tres posibles estados de conservación: favorable o 'bueno', desfavorable-inadecuado o 'alterado' y desfavorable-malo o 'malo'. El término 'escala local' hace referencia a los mesotopos, que han de ser empleados como unidad básica de seguimiento de estos tipos de hábitat.

Al igual que en el caso de los otros tipos de turberas, queremos insistir en que se trata de un ejercicio preliminar, pues existen numerosas limitaciones que impiden una generalización de su uso; siendo la ausencia de datos métricos y la falta de caracterización previa de estos tipos de hábitat las más relevantes. Remitimos aquí al lector a los aspectos que ya se han indicado en el caso del SIE<sub>L</sub> de turberas ácidas y paraturberas (Silva-Sánchez *et al.* 2019 y apartado 2.3.3, respectivamente), pues son también de aplicación a los tremedales mesoeutróficos.

#### Elementos y aplicación del SIE<sub>L</sub>

A falta de un mejor conocimiento de los tremedales mesoeutróficos, lo que se presenta a continuación tiene un carácter meramente orientativo. A continuación, se describen brevemente los elementos básicos del SIE<sub>L</sub>

Manteniendo la coherencia con lo descrito para tremedales ácidos (tremedales oligotróficos), los elementos esenciales del SIE<sub>L</sub> están representados por los factores extrínsecos e intrínsecos definidos en apartados anteriores. Sin embargo, en la aplicación del SIE<sub>L</sub> de tremedales mesoeutróficos, debido a las limitaciones en el estado de conocimiento a las que nos tenemos que enfrentar, hay modificaciones importantes. Aquí, para la valoración del estado de conservación del parámetro de 'Estructura y función' distinguimos:

- **Factores valorativos.** Como hemos comentado, dada la definición básica de tremedal mesoeutrófico, cambios significativos en la cubierta vegetal y en la de vegetación característica, la presencia de drenajes artificiales o la extracción de turba u otros recursos minerales, así como descensos del pH de la turba por debajo de un valor límite (pH 5,5) implicarán una afección a la estructura y función de estos tipos de hábitat. Además, se incluyen como valorativos otros factores extrínsecos directos como incendios, captación de agua, construcción de infraestructuras, carga ganadera y fertilización.
- **Factores informativos.** Se trata de factores extrínsecos indirectos asociados a impactos sobre la cuenca (modificaciones del régimen hidrológico, contaminación de las aguas o de los suelos,



erosión o fertilización de los suelos y deforestación o cambios de uso en la cuenca) que tendrán un peso informativo en el SIE<sub>L</sub>.

- **Factores potencialmente informativos.** Se trata de factores intrínsecos que deberán, en el futuro, tener un peso significativo en el SIE<sub>L</sub>, a medida que se incremente la información y el conocimiento de estos tremedales. Entre ellos se encuentran el contenido en carbono, la densidad y la composición elemental de la turba, así como diversas propiedades del agua de la turbera (pH, conductividad eléctrica, y contenido en aniones y cationes). Algunos de estos factores, a pesar de que se definen como potencialmente informativos al no disponerse de valores umbrales, son claves para disponer de un conocimiento básico del estado de estos tremedales y para realizar un seguimiento de su evolución en el tiempo, por lo que se recomienda que su determinación sea obligatoria, con el fin de ir aumentando el conocimiento de estos tipos de hábitat.

En la Tabla 11 se indican los códigos a emplear como calificadores en la aplicación del SIE<sub>L</sub> cuando se detecte la presencia de afecciones ligadas a los factores extrínsecos, tanto directos como indirectos.

**Tabla 11** Calificadores de los factores valorativos, informativos y potencialmente informativos del SIE<sub>L</sub> para el caso de los tremedales mesoeutróficos. En cursiva se muestran los factores binarios (se valoran con presencia/ausencia) y en negrita los factores ternarios que se describen en tramos de intensidad. Fuente: elaboración propia.

Factores valorativos		Factores informativos		Factores potencialmente informativos					
Extrínsecos directos	Intrínsecos	Extrínsecos indirectos (vía cuenca)	Intrínsecos (turba)	Intrínsecos (agua)					
<i>Drenaje</i>	Dr	<i>pH de la turba</i>	pH	<b>Hidrología</b>	Hd	<i>Carbono</i>	CO	<b>pH</b>	pHa
<b>Vegetación</b>	<b>Vg</b>			<b>Contaminación agua</b>	Ca	<b>Densidad</b>	Ds	<b>Conductividad</b>	CE
<i>Extracción</i>	<b>Ex</b>			<i>Contaminación suelo</i>	Cs	<b>Composición</b>	CT	<b>Cationes</b>	Cat
<b>Incendios</b>	<b>In</b>			<b>Erosión de suelo</b>	Es			<b>Aniones</b>	Ani
<i>Captación de agua</i>	Cg			<b>Fertilización suelo</b>	Fs				
<b>Ocupación</b>	<b>Oc</b>			<b>Deforestación</b>	Df				
<b>Carga ganadera</b>	<b>Cg</b>								
<i>Fertilización</i>	Ft								

A pesar de su carácter mayoritariamente cualitativo, los factores extrínsecos directos están relacionados con afecciones más fáciles de determinar a simple vista y, por ello, serán fundamentales para la determinación del estado de conservación. La presencia de cualquiera de ellos (drenajes, superficies quemadas, extracción de turba, cambios en la vegetación característica, etc.) implica una afección a la estructura y función del tipo de hábitat. Cuatro de los factores extrínsecos directos (drenaje artificial, extracción de turba y otros recursos minerales, fertilización y captación de agua) son binarios, es decir, se valoran por presencia/ausencia, mientras que los otros cuatro (cubierta vegetal y transformaciones en la en la vegetación, incendios, ocupación con infraestructuras, carga ganadera) son ternarios y se describen en tramos de intensidad.



Los factores extrínsecos indirectos, aquellos que afectan a la cuenca del tremedal, y que son de aplicación en el caso de cualquier turbera minerogénica, son en su mayoría ternarios. Aunque han de ser determinados, tienen una relevancia menor en el SIE<sub>L</sub>. La principal dificultad a la hora de definir su peso en el SIE<sub>L</sub> está en que puede no ser fácil establecer una relación directa entre la presencia de una afección en la cuenca y los efectos visibles en el tipo de hábitat de turbera a una escala de tiempo lo suficientemente corta. Para alguno de los factores extrínsecos indirectos, este aspecto puede compensarse con el análisis de las propiedades de la turba y del agua de la turbera, las cuales ayudarían a determinar la presencia e intensidad de la afección sobre el tipo de hábitat. Por ejemplo, si hay evidencias de fertilización en la cuenca, pero no se detectan modificaciones en el pH de la turba o del agua de la turbera o en las concentraciones de cationes y/o aniones en el agua, la afección entraría en el concepto de 'amenaza' pero no de 'presión'. En caso contrario, el grado de desviación de las propiedades respecto al estado de referencia 'favorable' determinaría la intensidad de la afección.

Como se ha venido argumentando hasta aquí, las propiedades de la turba y del agua de la turbera constituyen los factores intrínsecos. Estas son propiedades medibles y cuantificables, cuyas técnicas y significado ya se han descrito en el anterior apartado. Al no poder disponer de valores de referencia confiables, no es posible de momento incluir estos factores en el SIE<sub>L</sub>. No obstante, como ya se ha dicho anteriormente, el futuro conocimiento de la variación de estos factores en el tiempo, en particular para las condiciones de una localidad concreta de tremedal mesoeutrófico, puede servir como indicador de cambio y/o de evolución hacia condiciones desfavorables o favorables.

### Aplicación del SIE<sub>L</sub>

Lo que se propone en este documento es un SIE<sub>L</sub> orientativo, con variables cualitativas y cuantitativas que permitirán determinar el parámetro 'Estructura y función'. El SIE<sub>L</sub> se expresará como un código que aunaré los aspectos citados y que es descriptivo del estado de conservación y de las afecciones (de haberlas). La intención es que informe de manera sintética y simultánea sobre el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' y sobre las presiones y amenazas (parámetro 'Perspectivas futuras') del tipo de hábitat, de modo que permita orientar las estrategias de gestión.

El SIE<sub>L</sub> constará de dos partes:

- El estado de conservación: en función de los factores valorativos descritos en la primera columna de la Tabla 11 el estado de conservación se define como:
  - Favorable: cuando un 90% o más de la superficie del tipo de hábitat: contiene vegetación característica y estable, no presenta evidencias de drenaje artificial, no hay actividades extractivas y el pH de la turba es  $\geq 5,5$ . Cualquier afección de estas variables o de otros factores valorativos (incendios, captación de agua, ocupación con infraestructuras, carga ganadera o fertilización; considerados de manera individual o en combinada) no deben superar el 10% de la superficie del tremedal (Figura 2).
  - Desfavorable-inadecuado: cuando cada una, o cualquier combinación, de las afecciones arriba señaladas (vegetación, drenaje y extracción) afecta a una superficie entre el 10 y el 30% del tipo de hábitat. También se considerará estado de conservación 'desfavorable-inadecuado' cuando el tremedal esté afectado por uno o dos de los restantes factores valorativos ternarios en grado intermedio (Figura 2).



- **Desfavorable-malo:** cuando cada una, o cualquier combinación, de las afecciones arriba señaladas (vegetación, drenaje y extracción) afecta a una superficie superior al 30% del tipo de hábitat. La presencia de impactos debidos a la existencia de un factor valorativo binario, de un factor valorativo ternario en grado máximo o de tres o más factores valorativos ternarios en grado intermedio, implicará también que el estado sea 'desfavorable-malo' (Figura 2).
- Uno o varios calificadores definidos en función de las afecciones indicadas por los factores de tipo valorativo (y/o informativos y potencialmente informativos descritos en la Tabla 11). Se empleará el calificador cuando el estado sea subóptimo o malo. A efecto informativo se indicarán también como calificadores los factores informativos (efectos extrínsecos indirectos – vía cuenca) y potencialmente informativos (contenido en carbono de la turba, su densidad y su composición elemental, así como los parámetros físico-químicos de la turba y del agua del tremedal).

Vg, Dr y Ex afectan a una superficie superior al 30% del enclave, o 1 de los restantes factores valorativos binarios, o 1 de los restantes factores valorativos ternarios en grado máximo, o ≥ 3 de los restantes factores valorativos ternarios en grado medio	Vg, Dr y Ex afectan a una superficie entre el 10 y el 30% del enclave, o 1 o 2 de los restantes factores valorativos ternarios en grado medio	Las afecciones por factores valorativos, de existir, afectan a menos de un 10% de la superficie del enclave
Desfavorable-malo	Desfavorable-inadecuado	Favorable

**Figura 12** Criterios para la determinación del estado de conservación de los tremedales mesoeutróficos. Fuente: elaboración propia.

Análogamente al caso de las paraturberas, la definición del estado de conservación (la asignación del código) podría realizarlo directamente una rutina informática acoplada a la ficha en la que se consignen los valores de cada uno de los factores extrínsecos e intrínsecos. De esta forma, en evaluaciones sucesivas se podría construir un histórico del estado de conservación (muy útil en el caso en que se lleven a cabo medidas de conservación o recuperación). Este histórico también serviría para establecer la tendencia de cada enclave a lo largo del periodo de 6 años, que puede ser positiva (recuperación o mantenimiento en estado favorable), negativa (degradación del estado de conservación) o estable (mantenimiento del estado de conservación). Esta tendencia podría ser uno de los componentes para evaluar el parámetro 'Perspectivas futuras'.

Otros aspectos que se deben considerar son:

- Existencia de áreas afectadas y no afectadas en un mismo mesotopo. Si la superficie afectada es significativa (>10% del área del mesotopo), las propiedades de la turba y del agua han de determinarse en un número de muestras representativo de ambas áreas. Además, será necesaria una inspección de campo para establecer en qué medida la afección está repercutiendo (o se prevé que repercuta) en el resto del mesotopo.



- Periodicidad: los tremedales mesoeutróficos, al igual que los demás tipos de hábitat de turbera, suelen considerarse como sistemas estables capaces de amortiguar muchas perturbaciones, manteniendo sus funciones ecológicas (resiliencia). Por ello, *a priori*, no parece que sea necesario establecer una alta frecuencia de evaluación de su estado de conservación. No obstante, abogamos por una vigilancia regular, al menos anual, destinada a detectar presiones y amenazas (factores extrínsecos). En caso de que se detecten, habría que poner en marcha el SIE y llevar a cabo la evaluación completa. Es decir, que se pueden contemplar tanto evaluaciones *ad hoc* (ante una evidencia de afección reciente), como regulares. Dada la duración del periodo de información sobre el estado de los tipos de hábitat, recomendamos que las segundas tengan lugar al menos dos veces dentro del periodo.
- Variables: como ya se ha comentado, algunas de las propiedades recomendadas para evaluar la estructura y función tienen carácter destructivo (algunas tomas de muestras). Por ello, proponemos que las de aplicación regular sean aquellas que se pueden obtener en campo y sin afecciones al tipo de hábitat. Para la medida del pH y la conductividad eléctrica, por ejemplo, hay una gran disponibilidad de equipos de campo. Estos permiten, en un tiempo razonable, obtener valores en un gran número de puntos de un mismo mesotopo. Si además se registran los puntos de medida con un GPS (del inglés *Global Positioning System*) se podría llevar a cabo una cartografía de la variación superficial de estas propiedades y determinar el alcance de los impactos (o la variación natural dentro del tipo de hábitat).

### 3.3.4. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos a escala de región biogeográfica

La evaluación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tremedales mesoeutróficos es análoga a la de las paraturberas (ver apartado 2.4 para más detalles).

El Sistema Integrado de Evaluación a escala regional (SIE<sub>R</sub>) debe realizarse de manera sencilla y directa, integrando para cada región biogeográfica el estado de conservación de cada parcela y definiendo un estado de conservación regional.

Así, el SIE<sub>R</sub> puede definirse como en el caso de las paraturberas mediante la siguiente regla:

- Si la superficie (o número de localidades) en estado malo (o desfavorable-malo) es mayor del 25% en la región, el estado es 'desfavorable-malo'.
- Si la superficie (o número de localidades) en estado bueno (o favorable) es superior al 90%, el estado es 'favorable'.
- Cualquier otro valor define un estado 'desfavorable-inadecuado'.



#### 4. REFERENCIAS

- Andrejko M J, Fiene F & Cohen A D. 1983. Comparison of ashing techniques for determination of the inorganic content of peats. pp. 5-20. In: Jarrett P M (ed.) Testing of peats and organic soils. ASTM Publication. Philadelphia.
- Baird A J & Wilby R L. 1999. Eco-hydrology: Plants and Water in Terrestrial and Aquatic. London, Routledge. 402 pp.
- Braun-Blanquet J. 1979. Fitosociología. Bases para el estudio de las comunidades vegetales. Blume Ediciones. Madrid.
- Broder T, Blodau C, Biester H & Knorr K H. 2012. Peat decomposition records in three pristine ombrotrophic bogs in southern Patagonia. Biogeosciences. 9: 1479–1491.
- Castroviejo S (coord. gen.). 1986-2012. Flora ibérica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- 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. 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>
- García-Rodeja, E & Fraga M I. 2009a. 7230 Turberas minerotróficas alcalinas. En: VV.AA., Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 58 pp.
- García-Rodeja, E & Fraga M I. 2009b. 7240 Formaciones pioneras alpinas del *Caricion maritimae* (\*). 36 pp. En: VV.AA. 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.
- García-Rodeja E, Fraga M I, Fidalgo C & González J A. 2009. 7210 Áreas pantanosas calcáreas con *Cladium mariscus* y especies de *Caricion davallianae* (\*). 62 pp. En: VV.AA. 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.
- Guerra J *et al.* (eds.). 2007-2018. Flora Briofítica Ibérica. Vol. 1-6. Universidad de Murcia - Sociedad Española de Briología, Murcia. 183 pp.
- Joosten H & Couwenberg J. 2008. Peatlands and carbon. pp. 99–117. In: Parish F, Sirin A, Charman D, Joosten H, Minayeva T, Silvius M & Stringer L (eds.) Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.
- Lynn W C, Mckinzie W E & Grossman R B. 1974. Field laboratory tests for characterization of Histosols. pp. 11-20. In: Aandahl A R, Buol S W, Hill D E & Bailey H H (eds.) Histosols: their characteristics, classification, and use. Soil Science Society of America. Inc, Madison, Wisconsin.



Martínez-Cortizas A, Pontevedra-Pombal X, Nóvoa-Muñoz J C, Rodríguez-Fernández R & López-Sáez, J A. 2009. 71 Bases ecológicas para la gestión de turberas ácidas de esfagnos (71 *Sphagnum acid bogs*). 64 pp. En: VV.AA. 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.

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.

McBride A, Diack I, Droy N, Hamill B, Jones P, Schutten J, Skinner A & Street M. 2011. The Fen Management Handbook. Scottish Natural Heritage. Perth. 329 pp.

Minayeva T, Bragg O, Cherednichenko O, Couwenberg J, van Duinen G J, Giesen W, Grootjans A, Grundling P L, Nikolaev V & van der Schaaf S. 2008. Peatlands and biodiversity. pp. 60–98. In: Parish F, Sirin A, Charman D, Joosten H, Minayeva T, Silvius M & Stringer L (eds.) Assessment on peatlands, biodiversity and climate change. Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen.

Pérez-Rodríguez M & Martínez-Cortizas A. 2014. Preliminary characterization of microbial functional diversity using sole-C-source utilization profiles in Tremoal do Pedrido mire (Galicia, NW Spain). Spanish Journal of Soil Science. 4(2): 158-178.

Pontevedra-Pombal X. 2002. Turberas de montaña de Galicia. Génesis, propiedades y su aplicación como registros ambientales geoquímicos. Tesis Doctoral. Dpto. Edafología e Química Agrícola, Fac. Biología, Universidade de Santiago de Compostela. 483 pp.

Rausch N, Ukonmaanaho L, Nieminen TM, Krachler M, Le Roux G & Shotyk W. 2006. Evaluation of samplers and filter materials for the establishment of trace metal concentration profiles in peat bog porewaters using inductively coupled plasma-mass spectrometry. Analytica Chimica Acta. 558(1–2): 201–210.

Silva-Sánchez N, Martínez-Cortizas A & Pontevedra-Pombal X. 2019. Selección y descripción de variables para diagnosticar el estado de conservación de la 'Estructura y función' de los tipos de hábitat de turberas ácidas. Serie "Metodologías para el seguimiento del estado de conservación de los tipos de hábitat". Ministerio para la Transición Ecológica. Madrid. 44 pp.

Wołejko L, Stańko R, Jarzombkowski F, Makowska M, Horabik D, Gutowska E, Kotowska K, Pawlaczyk P, Bloch-Orłowska J, Cieślak E, Żółkoś K & Kędra M. 2018. Conservation of alkaline fens (7230) in Poland. Vol. I. Klub Przyrodników. Świebodzin. 230 pp.

Yu Z, Loisel J, Brosseau D P, Beilman D W & Hunt S J. 2010. Global peatland dynamics since the Last Glacial Maximum. Geophysical Research Letters. 37(13): 1–5.



## ANEXO I. Ficha de valoración anual en campo de factores que condicionan el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' en el caso de paraturberas (parámetros obligatorios)

### Factores extrínsecos valorativos

#### Cubierta vegetal y transformación de la vegetación

- >90% cubierta vegetal característica del tipo de paraturbera.....  Óptimo
- 70-90% cubierta vegetal característica del tipo de paraturbera.....  Subóptimo
- <70% cubierta vegetal característica del tipo de paraturbera.....  Malo

Descripción:.....  
.....

#### Drenaje artificial

- Sin drenajes.....  Óptimo
- Con drenajes afectando a los laterales o al centro del enclave .....  Malo

Descripción: .....  
.....

### Factores extrínsecos informativos

#### Extracción de turba

- Presente .....  Óptimo
- Ausente .....  Malo

Descripción: .....  
.....

#### Incendios

- Ausentes .....  Óptimo
- Presentes, pero solo superficiales o afectando a un área <10% .....  Subóptimo
- Presentes con daños tanto en superficie como en profundidad afectando a más de un 10% del área .....  Malo

Descripción:.....  
.....



### Ocupación del tipo de hábitat con infraestructuras

- Ausentes .....  Óptimo
- Infraestructuras instaladas empleando sistemas para mitigar el impacto como geotextiles, etc. ....  Subóptimo
- Infraestructuras instaladas empleando sistemas para mitigar el impacto .....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Carga ganadera

- Nula o moderada .....  Óptimo
- Media .....  Subóptimo
- Alta .....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Fertilización

- Baja .....  Óptimo
- Alta .....  Malo

Descripción: .....  
.....

### Factores intrínsecos informativos

#### pH del suelo

- Dentro del rango establecido para su tipología .....  Óptimo
- Desviación de 0,5 respecto del rango establecido para su tipología .....  Subóptimo
- Desviación mayor de 0,5 respecto del rango establecido para su tipología .....  Malo



## ANEXO II: Ficha de valoración anual de factores que condicionan el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' en el caso de los tremedales mesoeutróficos

**TREMEDAL** (nombre del tremedal, región biogeográfica, localización, extensión, breve resumen de sus principales características)

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

### Factores intrínsecos valorativos

#### pH de la turba

Mayor o igual a 5,5.....  Óptimo

Menor de 5,5 .....  Malo

<b>pH</b>	
-----------	--

### Factores extrínsecos valorativos

#### Cubierta vegetal y transformación de la vegetación

>90% cubierta vegetal característica, sin cambios.....  Óptimo

70-90% cubierta vegetal característica y/o con cambios .....  Subóptimo

<70% cubierta vegetal característica y/o con cambios .....  Malo

Descripción:.....  
.....

#### Drenaje artificial

Sin drenajes.....  Óptimo

Con drenajes afectando a los laterales o al centro del enclave .....  Malo

Descripción:.....  
.....



### Extracción de turba y otros recursos minerales

Presente .....  Óptimo

Ausente .....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Incendios

Ausentes .....  Óptimo

Presentes, pero solo daños superficiales o afectando a un área <20%.....  Subóptimo

Presentes con daños superficie y en profundidad afectando a más de un 20% del área .....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Captación de agua para usos múltiples

Presente .....  Óptimo

Ausente .....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Ocupación del tipo de hábitat con infraestructuras

Ausentes .....  Óptimo

Infraestructuras instaladas empleando sistemas para mitigar el impacto como geotextiles, etc .....  Subóptimo

Infraestructuras instaladas empleando sistemas para mitigar el impacto.....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Carga ganadera

Nula o moderada .....  Óptimo

Media .....  Subóptimo

Alta .....  Malo

Descripción:.....  
.....



### Fertilización

Baja .....  Óptimo

Alta.....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Factores extrínsecos informativos (con efectos indirectos sobre el tremedal vía cuenca)

#### Modificación del régimen hidrológico de la cuenca

No hay modificaciones .....  Óptimo

Modificaciones a escala limitada .....  Subóptimo

Modificaciones significativas .....  Malo

Descripción:.....  
.....

#### Contaminación de aguas superficiales

No hay evidencias de contaminación .....  Óptimo

Evidencias de contaminación baja .....  Subóptimo

Contaminación media a alta.....  Malo

Descripción:.....  
.....

#### Erosión de suelos en la cuenca

Nula a muy baja (la mayor parte de la superficie cubierta de vegetación) .....  Óptimo

Baja a media (parte de la superficie sin cubierta vegetal, signos de erosión en zonas aisladas). .....  Subóptimo

Alta (una parte importante de la superficie está expuesta y con señales de erosión) .....  Malo

Descripción:.....  
.....

#### Contaminación de suelos de la cuenca

Contaminación no evidente.....  Óptimo

Contaminación evidente .....  Malo

Descripción:.....  
.....



### Fertilización de suelos de la cuenca

Fertilización nula o muy baja.....  Óptimo

Fertilización baja a media (evidenciada por ejemplo por la presencia de pequeñas huertas).....  Subóptimo

Fertilización alta (uso agrícola o forestal semintensivo o intensivo de los suelos de la cuenca).....  Malo

Descripción:.....  
.....

### Deforestación y cambios de uso en los suelos de la cuenca

Ausente .....  Óptimo

Baja o media (tala selectiva, cambios moderados a uso ganadero, agrícola o forestal y/o pequeñas infraestructuras que no afecten al régimen hidrológico del tremedal).....  Subóptimo

Alta (talas sistemáticas en más de un 20% de la superficie de la cuenca sin medidas para limitar la erosión y/o cambios a uso ganadero, agrícola o forestal y/o construcción de infraestructuras que puedan afectar al régimen hidrológico del tremedal y que impliquen movilización de materiales edáficos).....  Malo

Descripción:.....  
.....

### OBSERVACIONES

(Otras consideraciones sobre cambios e impactos en el tremedal no contemplados en los anteriores epígrafes. Es importante describirlos y, de ser posible, evaluar su importancia)

### Factores intrínsecos potencialmente informativos

#### Propiedades de la turba

Contenido en C turba: %

Mayor o igual a 15%.....  Óptimo

Menor de 15%.....  Malo

<b>C %</b>	
------------	--

Contenido en C turba: g cm<sup>-3</sup>

<b>D g cm<sup>-3</sup></b>	
----------------------------	--



Composición elemental de la turba: mg kg<sup>-1</sup>

N (mg kg <sup>-1</sup> )	P (mg kg <sup>-1</sup> )	S (mg kg <sup>-1</sup> )	Ca (mg kg <sup>-1</sup> )	Mg (mg kg <sup>-1</sup> )	K (mg kg <sup>-1</sup> )

**Propiedades del agua de la turbera\***

**Tipo de agua:**

**Coordenadas del sitio de muestreo:**

**Fecha:**

Parámetro		Valor	Unidades
pH			
Conductividad eléctrica			mS cm <sup>-1</sup>
Cationes	Ca		mg L <sup>-1</sup>
	Mg		mg L <sup>-1</sup>
	K		mg L <sup>-1</sup>
	Na		mg L <sup>-1</sup>
Aniones	Nitrato		mg L <sup>-1</sup>
	Fosfato		mg L <sup>-1</sup>
	Sulfato		mg L <sup>-1</sup>

\*Repetir esta tabla para los diferentes 'tipos de agua' que se analicen en el tremedal indicando de qué tipo de agua se trata (agua de poro, de charcos, de arroyos, de fuentes o manantiales, de entrada en el tremedal, etc.), su ubicación en la turbera y la fecha de toma de muestra. También es conveniente resumir las condiciones meteorológicas previas a la toma de muestra.