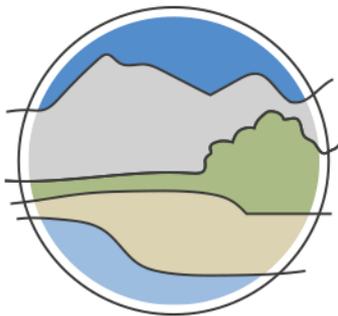




SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES PARA DIAGNOSTICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA 'ESTRUCTURA Y FUNCIÓN' DE LOS TIPOS DE HÁBITAT DE TURBERAS ÁCIDAS

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





SELECCIÓN Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES PARA DIAGNOSTICAR EL ESTADO DE CONSERVACIÓN DE LA 'ESTRUCTURA Y FUNCIÓN' DE LOS TIPOS DE HÁBITAT DE TURBERAS ÁCIDAS





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 del proyecto *Establecimiento de un 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 2015 y 2017.

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo Martín¹

Realización y producción

Tragsatec

Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo² y Juan Carlos Simón Zarzoso²

Coordinación científica

Antonio Martínez Cortizas³

Noemí Silva Sánchez^{2,3}

Autores

Noemí Silva Sánchez^{2,3}

Antonio Martínez Cortizas³

Xabier Pontevedra Pombal³ (Anexo I)

Coordinación y revisión editorial

Jara Andreu Ureta²

Íñigo Vázquez-Dodero Estevan²

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

² Tragsatec. Grupo Tragsa

³ 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 & 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.

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



MINISTERIO PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA

Edita:

© Ministerio para la Transición Ecológica

Secretaría General Técnica

Centro de Publicaciones

Catálogo de Publicaciones de la Administración General del Estado:

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

NIPO: 638-19-088-X

ÍNDICE

1. DIAGNÓSTICO DEL PARÁMETRO 'ESTRUCTURA Y FUNCIÓN'	7
1.1. Estructura de los ecosistemas de turbera	7
1.1.1. Estructura vertical	7
1.1.2. Estructura horizontal	7
1.2. Funciones de los ecosistemas de turbera	8
1.2.1. Función de soporte de la biodiversidad	8
1.2.2. Funciones de regulación ambiental	8
1.2.3. Funciones productivas	9
1.2.4. Función de archivo ambiental	9
1.2.5. Función cultural	10
2. EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO 'ESTRUCTURA Y FUNCIÓN' A ESCALA LOCAL	10
2.1. Estrategia de inspección y muestreo	14
2.2. Descripción de los factores extrínsecos e intrínsecos	15
2.2.1. Factores extrínsecos	19
2.2.2. Factores intrínsecos	25
2.3. Sistema integrado de evaluación a escala local	30
2.3.1. Elementos y aplicación del SIEL	31
2.4. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' a escala biogeográfica	37
3. AGRADECIMIENTOS	38
4. REFERENCIAS	38
ANEXO I. Enclaves de referencia	40
ANEXO II. Ficha de valoración anual en campo de factores que condicionan el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tipos de hábitat del grupo 71	43



1. DIAGNÓSTICO DEL PARÁMETRO 'ESTRUCTURA Y FUNCIÓN'

1.1. Estructura de los ecosistemas de turbera

1.1.1. 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 depósito de turba 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.

Si bien en las turberas ombrotáficas todas las características expuestas anteriormente se cumplen, en las turberas minerogénicas el papel hidrológico del acrotelm todavía no es del todo conocido (Baird & Wilby 1999). Es posible que algunas turberas minerotáficas dominadas por *Sphagnum* tengan una capacidad de hidrorregulación comparable a la de las turberas ombrotáficas (Ingram 1992), pero la hidrodinámica de muchas turberas minerogénicas está dominada por eventos externos independientemente de las propiedades de su capa superficial.

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.

1.1.2. Estructura horizontal

La superficie de las turberas no es homogénea, en ella se distinguen patrones superficiales a pequeña escala, o microtopografía. La complejidad de la microtopografía de las turberas depende en gran medida de su balance hidrológico. Así, de manera general, dentro de una turbera hay zonas más elevadas del terreno (*hummocks*), donde el encharcamiento es menor, y zonas más bajas (*hollows*), donde se acumula el agua. Dentro del esquema general de 'topos' empleado para los tipos de hábitat de turbera (Martínez-Cortizas *et al.* 2019), las distintas unidades que conforman la microtopografía estarían representadas por el nanotopo. Lindsay *et al.* (1985) propusieron un sistema para caracterizar la microtopografía de turberas basado en la asignación de códigos a los distintos nanotopos. Este modelo es posteriormente desarrollado con representaciones esquemáticas e ilustraciones (Lindsay 1995, 2010). La diversidad estructural generada por la sucesión de montículos y depresiones (o charcos) 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.



1.2. Funciones de los ecosistemas de turbera

Los tipos de hábitat de turberas cumplen importantes funciones ambientales: son un importante reservorio de biodiversidad, participan en la regulación de numerosos procesos ambientales tanto a escala global como a escala regional y local, suponen una fuente de materias primas y tienen, a su vez, un alto valor histórico y cultural.

1.2.1. Función de soporte de la biodiversidad

Esta función está relacionada con la capacidad de las turberas para albergar distintas formas de vida.

Aunque la diversidad de especies en las turberas puede considerarse relativamente baja, en comparación con otros ecosistemas terrestres no húmedos en la misma zona biogeográfica, tienen una alta proporción de especies características, lo que las convierte en importantes reservorios de biodiversidad (Minayeva *et al.* 2008). Así, las turberas son tipos de hábitat únicos y complejos con una gran importancia para la conservación de la biodiversidad tanto a nivel de ecosistema como a nivel de especie y a nivel genético. Las turberas juegan un papel relevante en la biodiversidad a nivel de ecosistema, debido a su habilidad para autoorganizarse y adaptarse a diferentes condiciones ambientales, y a nivel genético, debido a su aislamiento y la heterogeneidad característica de este tipo de hábitat.

1.2.2. Funciones de regulación ambiental

Estas funciones están relacionadas con la capacidad de las turberas para regular aspectos ambientales a escalas globales, regionales y/o locales.

- **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 CO₂ atmosférico en biomasa vegetal y tras su muerte, este carbono es devuelto a la atmósfera mediante el proceso de mineralización. 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% de la superficie continental, se estima que contienen aproximadamente unas 600 gigatoneladas de carbono, la mayor parte de las cuales se han almacenado desde la última era glacial (Yu *et al.* 2010). 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).
- **Regulación del clima regional/local:** 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.
- **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 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 con fines tanto de consumo humano o animal como para el riego de campos de cultivo.

- **Regulación química - filtración/retención:** las turberas ejercen una importante función de regulación química de las aguas. Esta capacidad se basa en que, debido a su naturaleza orgánica, la turba presenta una carga fundamentalmente negativa, por lo que puede atraer iones positivos 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 se mueva en el sistema y de cómo esta interacciona con la turba.

1.2.3. Funciones productivas

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

- **Turba - *ex situ*:** la turba por sus propiedades físico-químicas tiene un gran potencial como sustrato para horticultura, bien sea sola o utilizada como enmienda orgánica. Además, debido a su capacidad de regulación química de las aguas, 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, etc.
- **Turba - *in situ*:** *in situ* la turba también puede usarse como sustrato para horticultura. Por las condiciones climáticas dominantes en las áreas de turberas 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 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.

1.2.4. 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.

Las turberas son de los pocos ecosistemas que registran su propia historia ambiental. Debido a sus propiedades fisicoquímicas y a su modo de producción y acumulación de turba, 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 del pasado, incluyendo aquellos ligados a la actividad humana. Por lo tanto, son valiosísimas fuentes de información tanto ambiental como cultural.



1.2.5. Función cultural

Esta función está relacionada con los valores culturales y recreacionales que las turberas tienen y han tenido a lo largo de la historia.

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.

2. EVALUACIÓN DEL PARÁMETRO 'ESTRUCTURA Y FUNCIÓN' A ESCALA LOCAL

La evaluación de la estructura y función de los ecosistemas es fundamental para determinar su estado de conservación. Así, siguiendo 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), para la evaluación de la estructura y función de estos ecosistemas se establecen una serie de variables que han de ser determinadas. Estas se refieren tanto a factores intrínsecos a la propia turbera como a factores extrínsecos a la misma.

Dentro de los factores intrínsecos (Tabla 1) se distinguen aquellos que hacen referencia a las propiedades de la turba (pH de la turba, densidad, contenido en cenizas, acidez, contenido en C, N, K, Ca), las propiedades del agua (pH, conductividad eléctrica, contenido de iones sulfato, nitrato o fosfato) o las propiedades biológicas, como la actividad microbiana funcional.

Los factores extrínsecos (Tabla 2) se corresponden en su mayoría con afecciones o presiones identificadas en la actualidad y que pueden afectar a la viabilidad de los ecosistemas de turbera, tanto de manera directa como indirecta. Ejemplos de perturbaciones con acción directa sobre la turbera serían la presencia de drenajes artificiales, la afección de la cubierta vegetal o las modificaciones de la vegetación, tales como la conversión a pastizal, el uso agrícola o la repoblación forestal. También los incendios, la ocupación 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 tener también efectos sobre la estructura y las funciones de las turberas. En el caso de las minerogénicas –tipo de hábitat de interés comunitario (THIC) 7140 "Mires" de transición (en adelante Tremedales)– las modificaciones en su cuenca tienen especial relevancia para el mantenimiento de la estructura y las funciones del tipo de hábitat. Así pues, modificaciones 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 y el cambio de uso de la misma, pueden suponer cambios en la estructura y limitaciones para el mantenimiento de las funciones de los tremedales.

De manera general, podría decirse que 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 de la conductividad eléctrica, que pueden medirse fácilmente en campo con equipos portátiles, requiere de la toma de muestras 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 aplique 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 de la turbera.

Los factores extrínsecos e intrínsecos son en la mayoría de los casos interdependientes, de modo que, en algunos casos, los factores intrínsecos son variables diagnósticas del estado de los factores extrínsecos. En la Tabla 3 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. Aunque es mucho lo que se ha avanzado en los últimos años en lo que a la investigación en turberas se refiere, el estado de conocimiento actual todavía es insuficiente para esclarecer de manera unívoca la relación entre buena parte de los factores considerados.

Tabla 1 Determinación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función'. Factores intrínsecos.

Fuente: elaboración propia.

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva. Tipo de factor= métrico (m), semicuantitativo (sc), cualitativo (c); Significado= estructural (e), funcional (f); Grado de obligatoriedad= obligatorio (o), opcional (op); Intervalo de medición= estacional (e, 4 veces por año), anual (a), bianual (ba), ocasional (o, campañas específicas fuera de calendario con objetivos de caracterización global); Tipo de muestreo= puntual (p), transecto (t), aleatorio (a).

		Tipo de factor	Significado	Grado de obligatoriedad	Intervalo de medición	Tipo de muestreo	Unidades	
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba	Densidad de la turba	m	e	o	ba	p/t/a	g/cm ³
		Contenido en cenizas	m	e	o	ba	p/t/a	%
		Acidez - pH agua	m	f	o	ba	p/t/a	
		C/N	m	e	o	ba	p/a	
		Nitrógeno	m	e	op	ba	p/a	%
		Potasio	m	e	op	ba	p/a	%
	Propiedades del agua	Calcio	m	e	op	ba	p/a	%
		pH agua	m	f	o	p/a	p/a	
		Conductividad eléctrica	m	f	o	p/a	p/a	mS/cm
		Sulfato	m	f	op	p/a	p/a	mg/l
		Nitrato	m	f	op	p/a	p/a	mg/l
	Propiedades biológicas	Fosfato	m	f	op	p/a	p/a	mg/l
Actividad microbiana funcional		m	f/e	op	p/a	p/a		



Tabla 2 Determinación del estado de conservación del parámetro 'Estructura y función'. Factores extrínsecos. Fuente: elaboración propia.

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva. Tipo de factor= métrico (m), semicuantitativo (sc), cualitativo (c); Significado= estructural (e), funcional (f); Grado de obligatoriedad: obligatorio (o), opcional (op); Intervalo de medición= estacional (e, 4 veces por año), anual (a), bianual (ba), ocasional (o, campañas específicas fuera de calendario con objetivos de caracterización global).

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



Tabla 3 Relación entre los factores intrínsecos y extrínsecos. Fuente: elaboración propia.

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva. Relación entre factores: 1= hay relación (rojo); 0= no hay relación aparente (verde); ?= es probable que haya una relación, pero sería necesaria más investigación (ámbar).

		Factores extrínsecos															
		Efectos directos							Efectos indirectos								
									Vía atmósfera		Vía cuenca						
		Drenaje artificial	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	Extracción de turba	Incendios	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	Densidad de la turba	?	?	1	1	1	1	?	0	?	0	0	1	0	0	1
	Contenido en cenizas	?	?	0	1	1	0	?	0	?	0	0	1	0	0	1	
	Acidez - pH agua	1	?	0	?	?	1	1	1	0	1	?	1	?	1	1	
	C/N	1	0	1	1	1	1	1	?	?	1	?	1	?	1	1	
	Nitrógeno	1	0	0	?	0	1	1	1	?	?	?	1	?	1	1	
	Potasio	?	0	0	?	0	1	1	0	?	?	0	1	0	1	1	
	Calcio	?	0	0	?	0	1	1	0	0	?	0	1	0	1	1	
	Propiedades del agua	Acidez - pH agua	?	0	0	?	?	1	1	1	0	1	?	?	?	1	1
	Conductividad eléctrica	?	?	0	?	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	?	
	Sulfato	0	0	0	?	0	?	?	1	0	?	0	0	0	?	?	
	Nitrato	0	0	0	?	0	1	?	1	0	?	0	0	0	?	?	
	Fosfato	0	0	0	?	0	1	?	0	0	?	0	0	0	?	?	
	Propiedades biológicas	Actividad microbiana funcional	1	?	1	1	1	1	?	?	?	?	?	?	?	1	?



2.1. Estrategia de inspección y muestreo

Estrategia de inspección (factores extrínsecos)

Buena parte de los factores extrínsecos, especialmente aquellos con efectos directos sobre las turberas, como serían el drenaje artificial (presencia de zanjas), 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 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 II. La mayor parte de las turberas de España tienen unas dimensiones reducidas que permiten la inspección visual recorriendo el perímetro y haciendo transectos a lo largo de la misma. Sin embargo, en el caso de las turberas ombrotóricas de cobertor (THIC 7130 Turberas de cobertura (* para las turberas activas)¹, en adelante Turberas de cobertor) o en el caso de los complejos de tremedal a menudo la extensión total del macrotopo es tal que puede no permitir la inspección a pie de buena parte de su superficie. En estos casos puede recomendarse la inspección desde zonas altas de terreno o incluso el uso de drones.

Estrategia de muestreo (factores intrínsecos - turba)

Las muestras se tomarán siempre a escala de mesotopo, seleccionándose en el caso de las turberas de cobertor y de los complejos de tremedal un número representativo de los distintos mesotopos que conforman el macrotopo.

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 sí haya afecciones visibles han 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 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 10 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 de la turbera 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, se propone mantener el mínimo de tres muestras para turberas sin afecciones y con un área máxima de 10 000 m², y para turberas

¹ Los tipos de hábitat de interés comunitario que se señalan con un asterisco (*) son considerados prioritarios.



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 m².

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 aproximadamente).

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 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)

Al igual que en el caso del muestreo de turba, las muestras de agua se tomarán a nivel de mesotopo. Para el muestreo de aguas puede optarse por el análisis de las 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 de manera puntual mediante estrujado de una sección de turba, o el muestreo puntual de agua de poro 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).

Especialmente en el caso de las turberas ombrotáficas, se recomienda que el muestreo de aguas se efectúe un par de días después de un evento de lluvia. En caso contrario, podría resultar difícil la extracción del agua de poro o encontrar charcos superficiales. Sin embargo, en otros casos, podría encontrarse un efecto dilución si las muestras de agua se toman en periodos de elevadas precipitaciones.

2.2. Descripción de los factores extrínsecos e intrínsecos

En las líneas que siguen se hace una descripción de cada uno de los factores extrínsecos e intrínsecos a determinar para el seguimiento del estado de conservación de los THIC 7110* Turberas altas activas, en adelante Turberas elevadas activas, 7130 Turberas de cobertor y 7140 Tremedales. Se indica el procedimiento de medición, su métrica, los valores umbrales y la periodicidad con la que han de ser determinados.

Buena parte de los factores propuestos y de los valores umbrales recogidos (Tablas 4, 5 y 6), especialmente para los intrínsecos, aparecen ya recogidos en el documento previo "Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España" (VV.AA. 2009).

Los valores indicados para los factores han de ser considerados preliminares. La falta de experiencias previas de determinación del estado de conservación de los tipos de hábitat de turbera de modo sistemático dificulta el establecimiento de valores umbrales tanto en los factores intrínsecos como en los factores extrínsecos. Además, en el caso de los factores intrínsecos, el hecho de que la mayor parte



de las investigaciones biogeoquímicas realizadas sobre turberas de España hasta el momento se hayan realizado en turberas de la región Atlántica, dificulta todavía más el establecimiento de valores generales para todas las regiones biogeográficas. Así pues, se hacen necesarias más investigaciones para disponer de una amplia base de referencia que permita caracterizar adecuadamente todos los tipos de turberas en las distintas regiones biogeográficas del Estado español.

Tabla 4 Valores para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' del THIC 7110* Turberas elevadas activas. Fuente: elaboración propia.

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva.

		THIC 7110* Turberas elevadas activas						Unidades
		Óptimo		Subóptimo		Malo		
		Domo	Perímetro	Domo	Perímetro	Domo	Perímetro	
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba							
	Acidez - pH agua	3,0-4,5	3,0-5,0	4,5-5,0	5,0-5,5	>5,0	>5,5	
	Densidad de la turba	<0,25	<0,40	0,25-0,75	0,40-0,80	>0,75	>0,80	g/cm ³
	Contenido en cenizas	<10%	<20%	10-50	20-50	>50	>50	%
	C/N	24-30	20-30	24-18	15-20	<18	<15	
	<i>Nitrógeno</i>	<2	<2					%
	<i>Potasio</i>	<0,2	<0,75	0,2-0,4	0,75-1,0	>0,4	>1,0	%
	<i>Calcio</i>	<0,2	<0,25	0,2-0,4	0,25-0,5	>0,4	>0,5	%
	Propiedades del agua							
	Acidez - pH agua	3,0-5,0	3,0-5,0	5,0-5,5	5,0-5,5	>5,5	>5,5	
	Conductividad eléctrica	<50	<60	50-200	60-200	>200	>200	mS/cm
	<i>Sulfato</i>	<2,0	<4,0	2,0-4,0	4,0-6,0	>4,0	>6,0	mg/l
	<i>Nitrato</i>	<0,7	<3,0	0,7-3,0	3,0-5,5	>3,0	>5,5	mg/l
	<i>Fosfato</i>	<0,3	<0,5	0,3-0,5	0,5-1,0	>0,5	>1,0	mg/l
Propiedades biológicas								
<i>Actividad microbiana funcional</i>	-	-	-	-	-	-		
Factores extrínsecos	Efectos directos							
	Drenaje artificial	Sin drenajes		-		Con drenajes		
	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	>90% cubierta vegetal; 0% vegetación transformada		70-90% cubierta vegetal; 20% vegetación transformada		<70% cubierta vegetal; >20% vegetación transformada		%
	Extracción de turba	Ausente				Presente		
	Incendios	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		%
	Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras		Infraestructuras con mitigación del daño		Infraestructuras sin mitigación del daño		
	Carga ganadera	Nula o moderada		Media		Alta		
	Fertilización	Sin fertilización				Con fertilización		



Tabla 5 Valores para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' del THIC 7130 Turberas de cobertor. Fuente: elaboración propia.

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva.

		THIC 7130 Turberas de cobertor			
		Óptimo	Subóptimo	Malo	Unidades
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba				
	Acidez - pH agua	3,0-4,5	4,5-5,0	>5,0	
	Densidad de la turba	<0,25	0,25-0,75	>0,75	g/cm ³
	Contenido en cenizas	<10	10-50	>50	%
	C/N	24-30	24-18	<18	
	<i>Nitrógeno</i>	>2,0			
	<i>Potasio</i>	<0,2	0,2-0,4	>0,4	%
	<i>Calcio</i>	<0,2	0,2-0,4	>0,4	%
	Propiedades del agua				
	Acidez - pH agua	3,0-5,0	5,0-5,5	>5,5	
	Conductividad eléctrica	<50	50-200	>200	mS/cm
	<i>Sulfato</i>	<2,0	2,0-4,0	>4,0	mg/l
	<i>Nitrato</i>	<0,7	0,7-3,0	>3,0	mg/l
	<i>Fosfato</i>	<0,3	0,3-0,5	>0,5	mg/l
	Propiedades biológicas				
<i>Actividad microbiana funcional</i>	-	-	-		
Factores extrínsecos	Efectos directos				
	Drenaje artificial	Sin drenajes	-	Con drenajes	
	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	>90% cubierta vegetal; 0% vegetación transformada	70-90% cubierta vegetal; 20% vegetación transformada	<70% cubierta vegetal; 20% vegetación transformada	%
	Extracción de turba	Ausente		Presente	
	Incendios	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	%
	Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras	Infraestructuras con mitigación del daño	Infraestructuras sin mitigación del daño	
	Carga ganadera	Nula o moderada	Media	Alta	
	Fertilización	Sin fertilización		Con fertilización	



Tabla 6 Valores para determinar el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' del THIC 7140 Tremadales. Fuente: elaboración propia.

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva. La descripción y los procedimientos de valoración y valores umbrales de los diferentes factores incluidos en esta tabla se especifican en los correspondientes apartados del texto.

		THIC 7140 Tremadales			
		Óptimo	Subóptimo	Malo	Unidades
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba				
	Acidez - pH agua	3,0-5,0	5,0-5,5	>5,5	
	Densidad de la turba	<0,40	0,40-0,80	>0,80	g/cm ³
	Contenido en cenizas	<20%	20-50	>50	%
	C/N	20-30	15-20	<15	
	<i>Nitrógeno</i>	<2			
	<i>Potasio</i>	<0,75	0,75-1,0	>1,0	%
	<i>Calcio</i>	<0,25	0,25-0,5	>0,5	%
	Propiedades del agua				
	Acidez - pH agua	3,0-5,0	5,0-5,5	>5,5	
	Conductividad eléctrica	<60	60-200	>200	mS/cm
	<i>Sulfato</i>	<4,0	4,0-6,0	>6,0	mg/l
	<i>Nitrato</i>	<3,0	3,0-5,5	>5,5	mg/l
	<i>Fosfato</i>	<0,5	0,5-1,0	>1,0	mg/l
Propiedades biológicas					
<i>Actividad microbiana funcional</i>	-	-	-		
Factores extrínsecos	Efectos directos				
	Drenaje artificial	Sin drenajes	-	Con drenajes	
	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	>90% cubierta vegetal; 0% vegetación transformada	70-90% cubierta vegetal; 20% vegetación transformada	<70% cubierta vegetal; >20% vegetación transformada	%
	Extracción de turba	Ausente		Presente	
	Incendios	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	%
	Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras	Infraestructuras con mitigación del daño	Infraestructuras sin mitigación del daño	
	Carga ganadera	Nula o moderada	Media	Alta	
	Fertilización	Sin fertilización		Con fertilización	
	Efectos indirectos vía atmósfera				
	<i>Contaminación atmosférica</i>	-	-	-	
	<i>Cambio climático inducido</i>	-	-	-	
	Efectos indirectos vía cuenca				
	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		



2.2.1. Factores extrínsecos

Los factores extrínsecos con efectos directos sobre la turbera son:

■ **Drenaje artificial**

Descripción: se entiende por drenaje cualquier apertura de zanjas de profundidad variable que da lugar a la pérdida de agua de la turbera y supone un descenso del nivel freático y un aumento de la aireación de la misma. Estas zanjas pueden atravesar la turbera de lado a lado o ser cortes en los bordes de la formación. Las zanjas en los bordes son especialmente problemáticas en las turberas ombrotólicas. Las turberas son por definición ecosistemas húmedos, por lo que las modificaciones del sistema hidrológico afectan de manera directa a su naturaleza. Las turberas están sujetas a ciclos naturales en los que su estado hídrico puede verse modificado. 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. Los primeros efectos de la desecación están relacionados con un incremento en la disponibilidad de oxígeno, lo cual favorece la descomposición de la materia orgánica. Esto disminuye el espacio poroso de la turba limitando la conductividad hidráulica y la capacidad de almacenaje de agua, incrementando de este modo la escorrentía superficial y favoreciendo la erosión. Cuando la turbera se deseca totalmente, la turba pasa a ser un material hidrofóbico, perdiendo pues sus propiedades hidráulicas características de manera irreversible.

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 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 briofitos Flora Briofítica Ibérica (Guerra *et al.* 2007-2018). Todos los muestreos deben incluir briofitos, debido al importante papel que juegan en estos ecosistemas. Además 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).

Se considerará óptimo cuando >90% de la cubierta vegetal sea característica del tipo de paraturbera; subóptimo cuando entre 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.

■ 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 tasas de acumulación de turba generalmente son menores a 2 mm por año; sin embargo, los métodos de extracción de turba modernos a menudo eliminan 100 veces ese espesor al año (Lindsay *et al.* 2008). Aún una vez que la extracción de turba cesa, como se ha eliminado la cubierta vegetal de la turbera esta ha perdido su capacidad de autoperpetuación, y como la superficie se ha aireado se favorece la descomposición de la materia orgánica. Además, generalmente se produce también una compactación de la turba, modificándose a su vez la porosidad y las propiedades hidráulicas.

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 se considera 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 (Tablas 4, 5 y 6).

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.

Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. Debido a la gravedad que tienen los incendios para el mantenimiento de la estructura y la función de las turberas y a la dificultad que entraña la extinción de los fuegos en este tipo de hábitat, la sola presencia de evidencias de quema tendrá la consideración de malo, salvo en el improbable caso de que se demuestre que el incendio ha sido solo superficial o ha afectado a menos de un 10% de la superficie del mesotopo, que se considerará subóptimo. Además de la inspección visual sobre el terreno, en el caso de que haya evidencias de quema, para valorar si la afección ha sido solo superficial o también ha ocurrido en profundidad, será necesario la



extracción de testigos de turba en profundidad mediante el empleo de sondas específicas, como la sonda rusa o la sonda *Waardenar*.

Periodicidad: anual.

■ **Ocupación con infraestructuras**

Descripción: la ocupación con infraestructuras como carreteras, aerogeneradores, etc., puede suponer intensas modificaciones del circuito hidrológico, favoreciendo su desecación y por lo tanto afectando a la biodiversidad que contienen, así como a su papel como reservorios de carbono.

Procedimiento de valoración y valores umbrales: la evaluación de este factor se efectuará mediante inspección visual en campo. Se considerará como óptimo la ausencia de infraestructuras, como subóptimo la presencia de infraestructuras que han sido instaladas con métodos de mitigación de daño (p. ej. geotextiles) y como malo la 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 turbera. De hecho, las turberas tradicionalmente se han usado como pastos o como 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 fisicoquímicas y favorecer la mineralización de la materia orgánica, afectar a la superficie de la turbera, así como provocar la compactación y erosión de la turba debido al pisoteo.

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, media y alta (estado óptimo, subóptimo y malo, respectivamente). Además, serán relevantes para este parámetro 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) o el contenido de nitratos (la actividad ganadera aumentaría el contenido de nitratos).

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. La adición de nutrientes a las turberas modifica sus condiciones típicas de oligotrofia y acidez 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 parámetro la determinación de los factores



intrínsecos de pH, 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 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 son:

■ **Contaminación atmosférica (opcional)**

Descripción: la deposición atmosférica de compuestos de N y S puede afectar al nivel trófico de las turberas, caracterizadas por ser sistemas pobres en nutrientes (oligotróficos). Además de afectar al funcionamiento biogeoquímico, este tipo de deposición atmosférica podría afectar a la diversidad biológica. La deposición de compuestos nitrogenados puede modificar los mecanismos de acumulación de turba y, por lo tanto, de carbono. La contaminación atmosférica por metales también podría tener un efecto sobre la viabilidad de las turberas. Los efectos se han visto, sobretodo, en turberas en las proximidades de grandes focos de emisión.

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 metales en la atmósfera. La valoración de este factor se basará en la determinación de las propiedades de la turba y del agua de la turbera.

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 de turbera, por lo que es presumible que el cambio climático inducido tendrá un efecto sobre estos ecosistemas. Sin embargo, los efectos son inciertos. Se cree que un aumento generalizado de las temperaturas favorecería un aumento de la mineralización de la materia orgánica, transformando las turberas de sumideros a fuentes de carbono a la atmósfera. La humedad, al igual que la temperatura, juega un papel fundamental en la descomposición de la materia orgánica, de modo que, condiciones relativamente secas favorecen la descomposición y condiciones relativamente húmedas favorecen su acumulación. El avance en la investigación en la predicción de la variación en la distribución de las precipitaciones permitirá pues mejorar las predicciones de los posibles daños que los cambios en el clima tendrán en los ecosistemas de turbera. Presumiblemente, los tipos de hábitat más afectados serán los de turberas ombrotóricas (THIC 7110* y 7130), más dependientes de la atmósfera, y los situados en las zonas donde se tienda a condiciones más cálidas y secas.

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 creemos que sería complicado.

Periodicidad: --.

Los factores extrínsecos con efectos indirectos sobre la turbera vía cuenca 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**

Descripción: las turberas minerotróficas, 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 (óptimo), las modificaciones ocurren a una escala limitada (subóptimo) o presentes (malo). Ejemplos de afecciones que pueden modificar el régimen hidrológico de la cuenca serían 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**

Descripción: las turberas tienen un importante papel como depuradoras de las aguas que por ellas circulan. Sin embargo, no habría que descartar que determinados procesos de contaminación de aguas superficiales, especialmente cuando estos son muy intensos, puedan tener efectos sobre el estado ecológico de las turberas.

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 en los instrumentos de gestión de los espacios protegidos Red Natura 2000. Con relación a la determinación de este factor en el ámbito de la evaluación del estado de conservación de 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 bajas, 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 seguimiento de los tipos de hábitat en los correspondientes espacios de la Red Natura 2000 o en



otros ámbitos, o a las evaluaciones de otras entidades de conservación ambiental como ayuntamientos u organizaciones sin ánimo de lucro.

Periodicidad: anual.

■ **Erosión de suelos en 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 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 (estados '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; que 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 que es alta, cuando en buena parte de la superficie los suelos estén expuestos y tengan signos evidentes de erosión como sequedad, agrietamiento, presencia de surcos, etc.

Periodicidad: anual.

■ **Contaminación de los suelos de la cuenca**

Descripción: las turberas minerotróficas son más susceptibles de recibir aportes minerales de los suelos de la cuenca que las turberas ombrotólicas. 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 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 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**

Descripción: puesto que las turberas minerotróficas reciben agua de escorrentía de los suelos de la cuenca, las modificaciones del estado nutricional de estos últimos, puede 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 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 semi-intensivo (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, un cambio hacia un uso ganadero, agrícola o forestal moderado, así como 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.

2.2.2. Factores intrínsecos

Para evaluar el estado de conservación de las turberas será de gran importancia la determinación de propiedades de la turba, propiedades del agua y propiedades microbiológicas que, aunque pueden pasar más desapercibidos en el campo, ofrecen una información cuantificable y de gran calidad. La mayor parte de estas propiedades tiene una relación con los anteriormente denominados factores a escala macro (Tabla 3).



Las propiedades de la turba son:

■ **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 ombrotáficas tienen valores de densidad menores a las de las minerotáficas. En cualquier caso, en ambos la densidad es menor a la de la mayor parte de los suelos minerales. Cuando los valores son más elevados de lo normal pueden estar indicando procesos de compactación y/o incrementos de la carga de material inorgánico.

Métrica: g cm^{-3} .

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 al menos 3 pequeños 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 3 cilindros de 2 cm de espesor y el diámetro de la jeringa, lo que permite calcular el volumen.

Definición de valores umbrales: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.

Periodicidad: dos veces por sexenio.

■ **Contenido en cenizas**

Definición: el contenido en cenizas mide la cantidad de fracción inorgánica de una muestra de turba, por lo que es una aproximación al contenido mineral de la misma. Un incremento en el contenido mineral de la turba puede suponer una fertilización de la misma, que derive en un cambio en la oligotrofia y en la composición florística. El efecto de la carga mineral depende tanto de la cantidad como de su naturaleza (i.e. abundancia de minerales alterables que puedan liberar nutrientes).

Métrica: %.

Procedimiento estandarizado de medición: el contenido en cenizas se determina por incineración entre $550\text{-}600^{\circ}\text{C}$ durante 6 horas en mufla y se expresa en porcentaje del total de muestra según la relación: $\text{Cenizas} = (a/b) \times 100$, donde a es el peso de la muestra incinerada y b es el peso de muestra seca a 105°C (Andrejko *et al.* 1983; Clymo 1987). La determinación del contenido en cenizas se medirá preferentemente sobre muestra seca, molida y homogeneizada.

Definición de valores umbrales: la turba ombrotáfica tiene un menor contenido en cenizas que la turba minerotáfica. Los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.



Periodicidad: dos veces por sexenio.

■ Acidez - pH agua

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. La gran mayoría de las turberas son medios ácidos. 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.

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 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: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.

Periodicidad: anual (en campo), dos veces por sexenio (en laboratorio).

■ Relación C/N

Definición: se trata de una variable que informa sobre la naturaleza de la materia orgánica de la turba. Cambios en los valores de esta relación pueden deberse a un aumento de la descomposición de la turba (por drenaje, fertilización, etc.), deposición de contaminantes atmosféricos (óxidos de nitrógeno debido a quema de combustibles fósiles), o incluso a cambios en la vegetación.

Métrica: adimensional.

Procedimiento estandarizado de medición: para determinar la relación C/N han de determinarse previamente los contenidos de C y N. Se miden 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: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.



Periodicidad: dos veces por sexenio.

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

Definición: estos elementos se consideran macronutrientes. Su abundancia natural en turberas suele ser baja, por lo que valores elevados pueden ser indicadores de aportes externos (fertilización o carga ganadera).

Métrica: %, mg/kg.

Procedimiento estandarizado de medición: el nitrógeno se determina habitualmente mediante autoanalizador 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: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.

Periodicidad: dos veces por sexenio.

Las propiedades del agua de la turbera son:

■ **Acidez - pH agua:**

Definición: al igual que la turba, el agua de las turberas suele ser de naturaleza ácida. Un aumento del pH, fuera del rango establecido, es indicativo de modificaciones en el estado nutricional (fertilización, carga ganadera, etc.).

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.

Definición de valores umbrales: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.

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. Debido a la oligotrofia, la conductividad eléctrica de las aguas de turbera ha de ser baja. Un aumento de la conductividad revelaría un aumento en la concentración de iones (por ejemplo, por fertilización mediante encalado).



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 conductivímetro. Existen equipos portátiles de coste asequible que permiten determinar conjuntamente pH, conductividad y temperatura.

Definición de valores umbrales: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.

Periodicidad: anual (en campo).

■ **Sulfato, Nitrato y Fosfato (opcional)**

Definición: las aguas de turbera deben contener bajas concentraciones 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: los valores umbrales para cada tipo de turberas (THIC 7110*, 7130 y 7140) se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6.

Periodicidad: dos veces por sexenio.

Las propiedades biológicas 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 el momento no hay.



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. Sistema integrado de evaluación a escala local

Parece recomendable el establecimiento de un Sistema integrado de evaluación a escala local (SIE_L) del estado de conservación de los tipos de hábitat de turbera, 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_L es una forma de sistematización de cómo ha de evaluarse el parámetro 'Estructura y función', tomando como referencia la aproximación cualitativa/cuantitativa de los factores extrínsecos e intrínsecos que se han definido con anterioridad. Ha de ser aplicable para cada tipo de hábitat de turberas, ha de describir de una forma simple su estado de conservación y sus presiones, y debería ser lo suficientemente sencillo para ser aplicado por no especialistas –tras una formación básica. En esencia, el SIE_L del parámetro 'Estructura y función' a escala local ha de permitir determinar los tres posibles estados de conservación: favorable o bueno, desfavorable-inadecuado o alterado y desfavorable-malo o malo. Se entiende que 'escala local' se refiere aquí a los mesotopos, que han de ser empleados como unidad básica de seguimiento de los tipos de hábitat.

Sin embargo, antes de pasar a describir el SIE_L, se incide de nuevo en el hecho de que se trata de un ejercicio preliminar, pues existen diversas limitaciones que impiden una generalización de su uso. Las más importantes son:

- El nivel de caracterización de las propiedades empleadas para definir el parámetro 'Estructura y función' debe ser considerado entre bajo y medio (dependiendo del factor). No existe una base de datos lo suficientemente extensa como para poder caracterizar de manera precisa los valores de referencia para cada tipo de hábitat de turberas. La mayor parte de los tipos de hábitat mejor estudiados se encuentran en el noroeste de España y hay un amplio desconocimiento para el resto del territorio nacional.
- Para aquellos tipos de hábitat en los que hay información sobre las propiedades de la turba y del agua de la turbera (factores intrínsecos) no hay certidumbre absoluta en la relación entre los rangos que pueden tomar las propiedades y el estado de conservación o afección de la estructura y función que pueden representar. Lo mismo ocurre para los factores extrínsecos. Esta situación no es exclusiva del Estado español, pues no se ha encontrado ningún sistema de evaluación o seguimiento en el que los autores se hayan arriesgado a poner límites cuantitativos (véase por ejemplo Brooks *et al.* 2014). Debido a esto, la evaluación sigue dependiendo del juicio de expertos.
- No hay estudios comparativos entre los tres estados (favorable, desfavorable-inadecuado, desfavorable-malo) para los tipos de hábitat, que ayuden a precisar los límites que los separan. Hay un escaso desarrollo de marcadores sencillos, de rápida determinación, y no invasivos, que hagan la aplicación del SIE_L flexible y útil.
- Los sistemas de evaluación aditivos, como el que se propone, suelen presentar problemas de representatividad debido a que generalmente existe una fuerte colinearidad entre las propiedades debido a que son controladas por el mismo proceso subyacente; o bien, porque una afección influye de forma simultánea en varias propiedades. Por ejemplo, un aumento de



contenido de fracción inorgánica en una turbera (debido la adición directa o a la sedimentación de suelo por erosión en su cuenca), dará lugar a un aumento en el contenido en cenizas de la turba. Pero igualmente puede provocar un aumento de la densidad, al ser mayor la densidad de la fracción mineral que la de los restos orgánicos; e incluso un aumento del pH, debido a la liberación de cationes alcalinos de los minerales al alterarse en el ambiente fuertemente ácido de la turbera.

- Otro de los problemas característicos de los SIE_L, ya sean aditivos, multiplicativos o ponderados, es la valoración de las sinergias entre afecciones y los impactos acumulativos. El primero de los casos hace referencia a una combinación de varias afecciones (presiones), cada una de las cuales no supera los umbrales definidos para determinar un estado desfavorable, pero que en conjunto pueden suponer una merma significativa de las funciones ecológicas del tipo de hábitat. El segundo tiene que ver con la pervivencia de un daño, o una desviación del estado favorable, causado por impactos en el pasado sin que en la actualidad exista una evidencia directa de presión o amenaza. Por ejemplo, Brooks *et al.* (2014) indican que los drenajes, incendios, o la fertilización, entre otros, pueden generar cambios a escalas relativamente largas de tiempo.
- Es habitual que un impacto no afecte a toda la superficie de un mesotopo; no obstante, es bien conocido que en las turberas una afección en una parte de las mismas puede repercutir negativamente en otras, debido a la íntima conexión espacial que hay en este tipo de hábitat. Este es el caso particular de las afecciones al sistema hidrológico. Por eso, se hace complejo definir la superficie mínima afectada que no pone en peligro el estado de conservación favorable.
- Una extensión de este aspecto es aplicable a los macrotopos, tanto a las turberas de cobertor como a los complejos de tremedal. Un ejemplo para el segundo tipo de hábitat se da cuando un mesotopo del complejo sufre una afección directa (como la ocupación por infraestructuras) y los demás sufren afecciones indirectas al estar conectados hidrológicamente con el primero (que formaría parte de la 'cuenca' de los otros mesotopos).
- Finalmente, y aunque su relevancia pueda matizarse, conviene señalar que ciertos componentes del SIE_L deben aplicarse de manera limitada. Esto hace referencia particular a la determinación de propiedades analíticas que implican una toma de muestras sistemática en el mesotopo. Si bien el número de muestras representativo variará en función de la extensión del mismo, un seguimiento de alta frecuencia supondría una afección significativa a la superficie de la turbera (p. ej. si son necesarias 50 muestras y la frecuencia es anual, en el periodo de 6 años en el que debe informarse sobre el estado de los tipos de hábitat se habrían tomado 300 muestras).

2.3.1. Elementos y aplicación del SIE_L

Resulta del todo imprescindible mejorar el conocimiento existente sobre los tipos de hábitat de turberas, a fin de poder 'entrenar' el SIE_L. Por tanto, lo que se presenta a continuación tiene un carácter orientativo, cuyo objeto es más fijar una forma de proceder con la evaluación que llevar a cabo la evaluación en sí misma –al menos, mientras no se resuelvan algunas de las principales incertidumbres que se acaban de mencionar. Se impone entonces determinar los elementos y el flujo de trabajo del SIE_L.



Elementos del SIE_L

Manteniendo la coherencia con lo descrito hasta aquí, los elementos esenciales del SIE_L están representados por los factores extrínsecos e intrínsecos definidos en apartados anteriores. Sus rangos para los estados y tipos de hábitat de turbera se encuentran en las Tablas 4, 5 y 6. Tendrán especial relevancia en el SIE_L los factores extrínsecos directos y los factores intrínsecos.

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. Tres de los factores extrínsecos directos (drenaje, extracción y fertilización) son binarios, es decir, se valoran por presencia/ausencia, mientras que los otros cuatro (vegetación, incendios, ocupación, carga ganadera) son ternarios y se describen en tramos de intensidad.

Los **factores extrínsecos indirectos**, aquellos que afectan a la cuenca de la turbera, y que son de aplicación en el caso de turberas minerogénicas (THIC 7140) son en su mayoría ternarios. Aunque han de ser determinados, tienen una relevancia menor en el SIE_L. La principal dificultad a la hora de definir su peso se encuentra en que puede no ser fácil establecer una relación directa entre la presencia de una afección en la cuenca y efectos visibles en la turbera a una escala de tiempo lo suficientemente corta. Creemos que, 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, el grado de descomposición de la turba (relación C/N), o 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.

En la Tabla 7 se indican los códigos a emplear como calificadores en la aplicación del SIE_L cuando se detecte la presencia de afecciones ligadas a los factores extrínsecos, tanto directos como indirectos.

Tabla 7 Calificadores de los factores extrínsecos directos e indirectos del SIE_L. Fuente: elaboración propia.

Extrínsecos directos		Extrínsecos indirectos	
Drenaje	Dr	Hidrología	Hd
Extracción	Ex	Contaminación agua	Ca
Fertilización	Ft	Contaminación suelo	Cs
Vegetación	Vg	Erosión de suelo	Es
Incendios	In	Fertilización suelo	Fs
Ocupación	Oc	Deforestación	Df
Carga ganadera	Cg		



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 con anterioridad. Los valores de referencia varían entre tipos de hábitat de turbera, por lo que en la Tabla 8 se han agrupado en función de la naturaleza del tipo de turba/hábitat: ombrotrofica (THIC 7110* y 7130) y minerotrofica (THIC 7140 y turba perimetral del THIC 7110*).

Dado que se trata de variables cuantitativas, se han propuesto tres rangos para cada propiedad que se corresponderían con los estados óptimo, subóptimo y malo. Se propone que la suma de las puntuaciones de todas las propiedades de medida obligatoria se utilice para el cálculo de un Índice de Factores intrínsecos (IFI). Se ha adjudicado un valor de 3 a cada propiedad cuando sus valores están dentro del rango característico de cada tipo de hábitat de turbera en estado no perturbado, es decir, cuando el estado es óptimo, 1 cuando el estado es subóptimo y 0 cuando los valores son malos. De este modo, el rango que puede tomar el IFI es de 0 a 18.

Tabla 8 Rangos de valores para los factores intrínsecos del SIE_L. Fuente: elaboración propia.

	7110*-7130			7140 y 7110* (turba perimetral)		
	Óptimo	Subóptimo	Malo	Óptimo	Subóptimo	Malo
Turba						
pH	3,0-4,5	4,5-5,0	>5,0	3,0-5,0	5-5,5	>5,5
Densidad	<0,25	0,25-0,75	>0,75	<0,4	0,4-0,8	>0,8
Cenizas	<10%	10-50	>50	<20	20-50	>50
C/N	24-30	24-18	<18	20-30	15-20	<15
Agua						
pH	3,0-5,0	5-5,5	>5,5	3,0-5,0	5,0-5,5	>5,5
Conductividad eléctrica	<50	50-200	>200	<60	60-200	>200
Valor IFI	3	1	0	3	1	0

Aplicación del SIE_L

Lo que se propone en este documento es un SIE_L mixto cualitativo/cuantitativo, que tiene en cuenta las variables intrínsecas y extrínsecas propuestas para determinar el parámetro 'Estructura y función'. El SIE_L se expresará como un código que aúna los aspectos citados y que es descriptivo del estado de conservación y de las afecciones presentes en la actualidad (si las hubiere). La intención es que informe de manera sintética y simultánea sobre el estado de conservación relativo al parámetro 'Estructura y función' y sobre las afecciones (o presiones) a dicho parámetro, de modo que permita orientar las estrategias de recuperación y conservación.



Este SIE_L constará de tres partes:

- El estado de conservación: favorable, desfavorable-inadecuado, desfavorable-malo, determinado en función de los factores extrínsecos directos.
- El valor del índice cuantitativo de los factores intrínsecos (IFI), entre paréntesis.
- Uno o varios calificadores en función de las afecciones indicadas por los factores extrínsecos directos y, en el caso de turberas minerogénicas (THIC 7140), uno o varios calificadores en función de las afecciones indicadas por los factores extrínsecos indirectos (Tabla 7), entre corchetes.

La aplicación comenzaría por el análisis de los factores extrínsecos directos. La ausencia de afecciones significativas cuyo efecto se manifieste en la actualidad implicará que el estado sea definido como 'favorable'. La presencia de un factor extrínseco binario, de un ternario en grado máximo o de tres o más ternarios en grado intermedio, implicará que el estado sea 'desfavorable-malo'. Cualquier otra condición supondrá un estado 'desfavorable-inadecuado' (Figura 1).

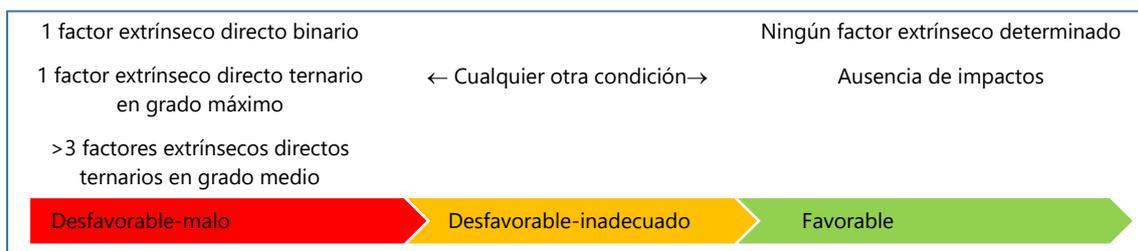


Figura 1 Criterios para la determinación del estado de conservación. Fuente: elaboración propia.

A continuación, se evaluarán los factores intrínsecos, obteniéndose el valor numérico de IFI, que ayudará a identificar el grado de transformación de las propiedades de la turba (es decir, la intensidad de la afección), de acuerdo con los valores indicados antes. A modo orientativo, se esperaría que un estado de conservación 'desfavorable-malo' implicara valores de IFI menores de 8; en el estado 'desfavorable-inadecuado' tomaría valores entre 8 y 13; y para el estado 'favorable', valores superiores a 13 (Figura 2).

En el caso de que se haya definido un estado desfavorable en base a los factores extrínsecos directos pero el índice de intrínsecos sea de 14 o más, habrá de hacerse un seguimiento más detallado para indagar en los posibles motivos de la discrepancia (resiliencia de la turbera a los impactos, problemas en la representatividad de las muestras, muestreo realizado en un periodo del año inadecuado, variables analizadas no adecuadas para determinar el daño, etc.). Por ejemplo, cabe la posibilidad de que se aprecien afecciones (como drenaje) pero estas no sean de tal magnitud que conduzcan a cambios significativos en las propiedades de la turba o del agua de la turbera y no comprometan las funciones ecosistémicas, o bien puede que el muestreo se haya efectuado en una época del año inadecuada para detectar tales efectos. Otro posible escenario sería que la magnitud de los cambios no fuese lo suficientemente intensa como para ser detectado con el conjunto de variables propuestas y fuese necesario, por ejemplo, la instalación de sistemas de monitorización del nivel freático para poder detectar los cambios en la hidrología a corto plazo. Ha de tenerse en cuenta que lo que aquí se plantea es una propuesta que no ha sido llevada a la práctica y, por ello, es posible que una vez que se ponga en práctica el SIE_L sean necesarias posibles mejoras en el sistema de seguimiento. Por otro lado, ha de



contemplarse el escenario en el cual no se aprecien evidencias de afección, pero el valor de IFi sea inferior a 14. En este caso se dará prioridad a este índice y el estado de conservación será pues el que determine su valor (siguiendo los criterios expuestos anteriormente).

$$\text{IFi} = \text{densidad} + \text{cenizas} + \text{pH turba} + \text{C/N turba} + \text{pH agua} + \text{CE agua}$$

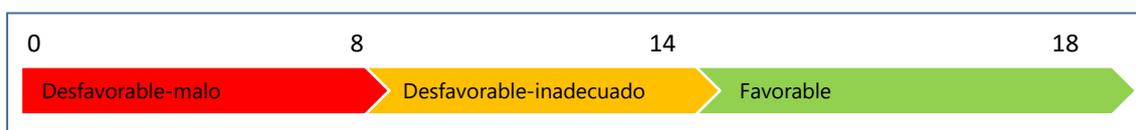


Figura 2 Valores esperables del IFi en función del estado de conservación. Fuente: elaboración propia.

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. El valor final del IFi puede calcularse como la media ponderada en función de la extensión de las superficies afectada y no afectada. 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:** las turberas suelen considerarse 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, se aboga por una vigilancia regular, al menos anual, destinada a detectar presiones recientes o actuales (factores extrínsecos). En caso de que se detecten, habría que poner en marcha el SIE_L 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, se recomienda 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 (tanto la toma de muestras como las analíticas). Por ello, se propone 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 tipos de hábitat).



A continuación, se presentan algunos ejemplos de aplicación del SIE_L:

- Un mesotopo de turbera del THIC 7140 Tremedales sin afecciones directas observables, con un valor de IFi de 16 y evidencias de fertilización, erosión del suelo y deforestación en su cuenca se codificaría como: favorable (16) [Fs, Es, Df].
- Un mesotopo de turbera del THIC 7140 Tremedales con una cobertura total de vegetación superior al 70%, una cobertura de vegetación transformada inferior al 20%, un IFi de 12 y presencia de modificaciones hidrológicas en la cuenca, se codificaría como: desfavorable-inadecuado (12) Vg [Hd].
- Un mesotopo de turbera del THIC 7130 Turberas de cobertor con drenajes presentes, una cobertura de vegetación transformada superior al 20%, con ocupación por infraestructuras (sin mitigación del daño), y un IFi de 7, se codificaría como: desfavorable-malo (7) Dr, Vg, Oc.

En el Anexo I se han incluido fichas descriptivas de tres tipos de hábitat de turbera de referencia para el estado de conservación: Chao de Veiga Mol (THIC 7110*), Barreiras do Lago (THIC 7130) y Tremoal de Penas Gordas (THIC 7140). En los tres casos los indicadores de los factores intrínsecos se encuentran dentro del rango óptimo, por lo que el IFi es de 18. Tan solo en el Tremoal de Penas Gordas se detectaron evidencias de erosión en la cuenca. Por ello, la codificación del SIE_L será de 'favorable' (18) para Chao de Veiga Mol y Barreiras do Lago, y de 'favorable' (18) [Es] para el Tremoal de Penas Gordas.

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: positiva (recuperación o mantenimiento en estado favorable), negativa (degradación del estado de conservación) o estable (mantenimiento del estado de cada mesotopo a lo largo del periodo de seis años). Más adelante se propone que esta tendencia sea uno de los componentes para evaluar el parámetro 'Perspectivas futuras'.

Descripción de localidades o enclaves concretos de referencia en cada una de las regiones biogeográficas

En el Anexo I se proponen una serie de enclaves de referencia para la definición del estado favorable de cada tipo de ecosistema de turbera a escala local. Todos los enclaves propuestos se sitúan en la región eurosiberiana, pues el estado actual de conocimiento sobre este tipo de ecosistemas en las regiones mediterránea y alpina es insuficiente para establecer unos valores de los factores o variables propuestos.



2.4. Evaluación del parámetro 'Estructura y función' a escala 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 hábitats a escala de región biogeográfica.

Se propone que este sistema integrado de evaluación regional 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 Sistema Integrado de Evaluación a escala regional (SIE_R) 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. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Martín Souto Souto (Departamento de Botánica, Universidad de Santiago de Compostela) su colaboración en la redacción del factor 'transformación de la vegetación'.

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. 1999. Eco-hydrology: Plants and Water in Terrestrial and Aquatic. Routledge, London. 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.
- Brooks S, Stoneman R, Hanlon A & Thom T. 2014. Conserving bogs - The management handbook (2nd edition). Yorkshire Peat Partnership. York. 232 pp.
- Castroviejo S (coord. gen.). 1986-2012. Flora ibérica 1-8, 10-15, 17-18, 21. Real Jardín Botánico, CSIC. Madrid.
- Clymo R S. 1987. The ecology of peatlands. *Science Progress*, Oxford. 71: 593-614.
- Guerra J *et al.* (eds.). 2007-2018. Flora Briofítica Ibérica. Vol. 1-6. Universidad de Murcia - Sociedad Española de Briología, Murcia. 183 pp.
- Ingram H A P. 1992. Introduction to the ecohydrology of mires in the context of cultural perturbation. pp. 67-93. In: Bragg O M, Hulme P D, Ingram H A P & Robertson R A (eds.) Peatland Ecosystem and Man: An Impact Assessment. Department of Biological Sciences, University of Dundee/International Peat Society.
- 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.
- Lindsay R A, Rigall J & Burd F. 1985. The use of small-scale surface patterns in the classification of British Peatlands. *Aquilo Serie Botanica*. 21: 67–79.
- Lindsay R, Birnie R & Clough J. 2008. Commercial peat extraction. IUCN UK Committee Peatland Programme Briefing Note N^o. 6 IUCN.
- Lindsay R. 1995. Bogs: the ecology, classification and conservation of ombrotrophic mires. Scottish Natural Heritage. Edinburgh. 124 pp.
- Lindsay R. 2010. Peatbogs and carbon: a critical synthesis. RSPB Scotland. Edinburgh.



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.

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 Tremeal 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.

VV.AA. 2009. 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. https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-prottegidos/red-natura-2000/rn_tip_hab_esp_bases_eco_preliminares.aspx.

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. Enclaves de referencia

THIC 7110* Turberas elevadas activas: Chao de Veiga Mol

- 43° 32' 30,12" N; -7° 30' 18,74" O.
- 690 m s.n.m.
- Serra do Xistral, Serras Septentrionais de Galicia.
- Turbera ombrotrofica elevada en un paleocirco glaciar sobre granito.



		VALORES		ESTADO	
		DOMO	PERÍMETRO		
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba				
		Acidez - pH agua	3,6-4,4	3,0-5,0	ÓPTIMO
		Densidad de la turba	<0,25 g/cm ³	<0,40 g/cm ³	ÓPTIMO
		Contenido en cenizas	<5%	<20%	ÓPTIMO
		C/N	22-29%	20-30%	ÓPTIMO
		<i>Nitrógeno</i>	1,5%	<%	ÓPTIMO
		<i>Potasio</i>	<0,2%	<0,75%	ÓPTIMO
		<i>Calcio</i>	0,03%	<0,25%	ÓPTIMO
		Propiedades del agua			
		Acidez - pH agua	4,0-5,0	3,0-5,0	ÓPTIMO
		Conductividad eléctrica	<50 mS/cm	<60 mS/cm	ÓPTIMO
		<i>Sulfato</i>	--	--	--
		<i>Nitrato</i>	0,7-3,0 mg/l	3,0-5,5 mg/l	SUBÓPTIMO
		<i>Fosfato</i>	--	--	--
	Propiedades biológicas				
	<i>Actividad microbiana funcional</i>	--	--	--	
Factores extrínsecos	Efectos directos				
		Drenaje artificial	Sin drenajes	ÓPTIMO	
		Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	>90% cubierta vegetal; 0% vegetación transformada	ÓPTIMO	
		Extracción de turba	Ausente	ÓPTIMO	
		Incendios	Ausentes	ÓPTIMO	
		Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras	ÓPTIMO	
		Carga ganadera	Moderada	ÓPTIMO	
	Fertilización	Sin fertilización	ÓPTIMO		

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva. A pesar de que la carga ganadera ha sido considerada como moderada (estado óptimo) en vista de que esta es una actividad económica importante en la zona existe el riesgo de que pase a media (estado subóptimo), con el consecuente cambio que esto supondría en el estado de conservación del enclave (que pasaría de favorable a desfavorable-inadecuado).



THIC 7130 Turberas de cobertor: Barreiras do Lago

- 43° 28' 35,29" N; -7° 34' 17,73" O.
- 1023 m s.n.m.
- Serra do Xistral, Serras Septentrionais de Galicia.
- Turbera ombrotétrica de cobertor sobre depósitos periglaciares de cuarcita.



		VALORES	ESTADO
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba		
	Acidez - pH agua	3,3-4,2	ÓPTIMO
	Densidad de la turba	<0,25 g/cm ³	ÓPTIMO
	Contenido en cenizas	<10%	ÓPTIMO
	C/N	24-28	ÓPTIMO
	<i>Nitrógeno</i>	1.3%	ÓPTIMO
	<i>Potasio</i>	<0,2%	ÓPTIMO
	<i>Calcio</i>	0,03%	ÓPTIMO
	Propiedades del agua		
	Acidez - pH agua	4,0-5,0	ÓPTIMO
	Conductividad eléctrica	<50 mS/cm	ÓPTIMO
	<i>Sulfato</i>	--	--
	<i>Nitrato</i>	0,7-3,0 mg/l	SUBÓPTIMO
	<i>Fosfato</i>	--	--
Propiedades biológicas			
<i>Actividad microbiana funcional</i>	--	--	
Factores extrínsecos	Efectos directos		
	Drenaje artificial	Sin drenajes	ÓPTIMO
	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	>90% cubierta vegetal; 0% vegetación transformada	ÓPTIMO
	Extracción de turba	Ausente	ÓPTIMO
	Incendios	Ausentes	ÓPTIMO
	Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras	ÓPTIMO
	Carga ganadera	Moderada	ÓPTIMO
Fertilización	Sin fertilización	ÓPTIMO	

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva. A pesar de que la carga ganadera ha sido considerada como moderada (estado óptimo) en vista de que esta es una actividad económica importante en la zona existe el riesgo de que pase a media (estado subóptimo), con el consecuente cambio que esto supondría en el estado de conservación del enclave (que pasaría de favorable a desfavorable-inadecuado).



THIC 7140 Tremedales: Tremoal de Penas Gordas

- 43° 26' 22,43" N -7° 27' 26,33" O
- 660 m s.n.m.
- Batolito de A Toxiza, Serras Septentrionais de Galicia.
- Turbera minerotrófica mixta de fondo de valle y alveolo granítico.



		VALORES	ESTADO
Factores intrínsecos	Propiedades de la turba		
	Acidez - pH agua	3,0-5,0	ÓPTIMO
	Densidad de la turba	0,30-0,40 g/cm ³	ÓPTIMO
	Contenido en cenizas	14-16%	ÓPTIMO
	C/N	27-30%	ÓPTIMO
	Nitrógeno	1,3-1,9%	ÓPTIMO
	Potasio	0,2-0,4%	ÓPTIMO
	Calcio	0,14%	ÓPTIMO
	Propiedades del agua		
	Acidez - pH agua	4,4-4,9	ÓPTIMO
	Conductividad eléctrica	32-46 mS/cm	ÓPTIMO
	Sulfato	0,6-1,3 mg/l	ÓPTIMO
	Nitrato	0,5 mg/l	ÓPTIMO
	Fosfato		
Propiedades biológicas			
Actividad microbiana funcional	-		
Factores extrínsecos	Efectos directos		
	Drenaje artificial	Sin drenajes	ÓPTIMO
	Cubierta vegetal y transformación de la vegetación	>90% cubierta vegetal; 0% vegetación transformada	ÓPTIMO
	Extracción de turba	Ausente	ÓPTIMO
	Incendios	Ausentes	ÓPTIMO
	Ocupación con infraestructuras	Sin infraestructuras	ÓPTIMO
	Carga ganadera	Nula o moderada	ÓPTIMO
	Fertilización	Sin fertilización	ÓPTIMO
	Efectos indirectos vía atmósfera		
	Contaminación atmosférica	-	ÓPTIMO
	Cambio climático inducido	-	--
	Efectos indirectos vía cuenca		
	Modificaciones del régimen hidrológico de la cuenca	Ausentes	ÓPTIMO
	Contaminación de aguas superficiales	Nula	ÓPTIMO
Erosión de los suelos de la cuenca	Baja/Media. Parte de la superficie de la cuenca no tiene cubierta vegetal y se aprecian algunos signos de erosión en zonas aisladas.	SUBÓPTIMO	
Contaminación de los suelos de la cuenca	No evidente	ÓPTIMO	
Fertilización de los suelos de la cuenca	Nula/Muy baja	ÓPTIMO	
Deforestación y cambio de uso en la cuenca	Ausencia	ÓPTIMO	

Nota: factores de determinación obligatoria en verde y factores de determinación opcional en gris y cursiva.



ANEXO II. Ficha de valoración anual en campo de factores que condicionan el estado de conservación del parámetro 'Estructura y función' de los tipos de hábitat del grupo 71

FACTORES EXTRÍNSECOS CON EFECTOS DIRECTOS EN LA TURBERA

Drenaje artificial

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

Descripción:.....

Extracción de turba

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

Descripción:.....

Fertilización

- Baja..... Óptimo
Alta..... Malo

Descripción:.....

Cubierta vegetal y transformación de la vegetación

- El 90% de la turbera presenta cobertura vegetal y no hay evidencias de transformación de la vegetación..... Óptimo
La cubierta vegetal es de un 70-90% o hay al menos un 20% de la superficie con vegetación transformada..... Subóptimo
La cubierta vegetal es menor de un 70% o hay al menos un 20% de la vegetación transformada..... 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 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:.....

FACTORES INTRÍNSECOS A MEDIR EN EL CAMPO

pH de la turba (Domo de THIC 7110* Turberas elevadas activas y THIC 7130 Turberas de cobertor)

- Entre 3.5 y 4.5..... Óptimo
 Entre 4.5 y 5 Subóptimo
 Mayor de 5..... Malo

pH de la turba (THIC 7140 Tremedales y perímetro del THIC 7110* Turberas elevadas activas)

- Menor de 5 Óptimo
 Entre 5 y 5.5 Subóptimo
 Mayor de 5.5..... Malo

pH del agua (En todos los tipos de hábitat de turbera)

- Menor de 5..... Óptimo
 Entre 5 y 5.5 Subóptimo
 Mayor de 5.5..... Malo

Conductividad eléctrica del agua (Domo de THIC 7110* Turberas elevadas activas y THIC 7130 Turberas de cobertor)

- Menor de 50 Óptimo
 Entre 50 y 200 Subóptimo
 Mayor de 200 Malo

Conductividad eléctrica del agua (THIC 7140 Tremedales y perímetro del THIC 7110* Turberas elevadas activas)

- Menor de 60 Óptimo
 Entre 50 y 200 Subóptimo
 Mayor de 200 Malo