



71

TURBERAS ÁCIDAS DE ESFAGNOS



COORDINADOR

Antonio Martínez Cortizas

AUTORES

Antonio Martínez Cortizas, Xabier Pontevedra Pombal, Juan Carlos Nóvoa Muñoz,
Ricardo Rodríguez Fernández y José Antonio López-Sáez

Esta ficha forma parte de la publicación **Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España**, promovida por la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

Dirección técnica del proyecto

Rafael Hidalgo.

Realización y producción



Coordinación general

Elena Bermejo Bermejo y Francisco Melado Morillo.

Coordinación técnica

Juan Carlos Simón Zarzoso.

Colaboradores

Presentación general: Roberto Matellanes Ferreras y Ramón Martínez Torres. Edición: Cristina Hidalgo Romero, Juan Párbole Montes, Sara Mora Vicente, Rut Sánchez de Dios, Juan García Montero, Patricia Vera Bravo, Antonio José Gil Martínez y Patricia Navarro Huercio. Asesores: Íñigo Vázquez-Dodero Estevan y Ricardo García Moral.

Diseño y maquetación

Diseño y confección de la maqueta: Marta Munguía.

Maquetación: Do-It, Soluciones Creativas.

Agradecimientos

A todos los participantes en la elaboración de las fichas por su esfuerzo, y especialmente a Antonio Camacho, Javier Gracia, Antonio Martínez Cortizas, Augusto Pérez Alberti y Fernando Valladares, por su especial dedicación y apoyo a la dirección y a la coordinación general y técnica del proyecto.

Las opiniones que se expresan en esta obra son responsabilidad de los autores y no necesariamente de la **Dirección General de Medio Natural y Política Forestal** (Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino).

La coordinación general del grupo 7 ha sido encargada a la siguiente institución

Universidade de Santiago de Compostela



Coordinador: Antonio Martínez Cortizas¹.

Autores: Antonio Martínez Cortizas, Xabier Pontevedra Pombal¹, Juan Carlos Nóvoa Muñoz², Ricardo Rodríguez Fernández¹ y José Antonio López Sáez³.

¹Univ. de Santiago de Compostela, ²Univ. de Vigo, ³Centro de Ciencias Humanas y Sociales. Instituto de Historia (CCHS-CSIC).

Colaboraciones específicas relacionadas con los grupos de especies:

Anfibios y reptiles: Asociación Herpetológica Española (AHE). Jaime Bosch Pérez, Miguel Ángel Carretero Fernández, Ana Cristina Andreu Rubio y Enrique Ayllón López.

Aves: Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife). Juan Carlos del Moral (coordinador-revisor), David Palomino, Blas Molina y Ana Bermejo (colaboradores-autores).

Fotografía de portada: Xabier Pontevedra Pombal y Antonio Martínez Cortizas.

A efectos bibliográficos la obra completa debe citarse como sigue:

VV.AA., 2009. *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino.

A efectos bibliográficos esta ficha debe citarse como sigue:

MARTÍNEZ CORTIZAS, A., PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J. C., RODRÍGUEZ FERNÁNDEZ, R. & LÓPEZ-SÁEZ, J. A., 2009. Turberas ácidas de esfagnos. En: VV.AA., *Bases ecológicas preliminares para la conservación de los tipos de hábitat de interés comunitario en España*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. 64 p.

Primera edición, 2009.

Edita: Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaría General Técnica.
Centro de Publicaciones.

NIPO: 770-09-093-X
ISBN: 978-84-491-0911-9
Depósito legal: M-22417-2009

1. DEFINICIÓN	7
2. DESCRIPCIÓN	9
2.1. La turba: componente básico de las turberas	9
2.2. Rutas evolutivas	10
2.3. El estado nutricional actual de la superficie de la turbera	11
2.4. Las propiedades físico-químicas	11
2.4.1. Tipo de alimentación hídrica	13
2.4.2. Efecto de la oceanidad	13
2.4.3. Absorción por parte de la vegetación	13
2.4.4. Otros efectos	13
2.5. La dinámica: la estructura vertical del depósito turboso	13
2.6. Vegetación y flora	14
2.7. Relieve	16
2.8. Tipos de suelos característicos de los tipos de hábitat de turbera	16
3. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL	19
3.1. Factores externos	19
3.1.1. Atmósfera	19
3.1.2. Litosfera	20
3.2. Factores internos	20
3.2.1. Biosfera	20
3.2.2. Hidrosfera	20
4. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBERAS	21
4.1. Turberas ácidas de esfagnos	21
4.1.1. 7110 Turberas altas activas	21
4.1.2. 7130 Turberas de cobertura	21
4.1.3. 7140 Mires de transición	21
4.1.4. 7150 Depresiones sobre sustratos turbosos del <i>Rhynchosporium</i>	21
4.2. Problemas de interpretación	22
4.3. Subtipos de turberas ácidas	22
4.3.1. 7110 Turberas elevadas	24
4.3.2. 7130 Turberas de cobertor	24
4.3.3. 7140 Mires de transición (Tremedales)	25
5. RED DE SEGUIMIENTO	27
5.1. Área de distribución	27
5.2. Especies típicas	27
5.3. Factores funcionales y estructurales	28
5.3.1. Efectos directos	29
5.3.2. Efectos indirectos	30
5.4. Estado de conservación	30
5.4.1. Escalas de estudio y representación	30
5.4.2. Parámetros y metodología analítica	31

5.5. Metodología	33
5.5.1. Propiedades de la turba	33
5.5.2. Propiedades del agua de la turbera	36
6. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN	39
6.1. Evaluación previa	39
6.1.1. Priorización	40
6.2. Delimitación de áreas de protección y especial sensibilidad	41
6.3. Acciones en las áreas de protección	41
6.3.1. Aspectos normativos	42
6.3.2. Aspectos evaluativos	42
6.3.3. Aspectos técnicos	42
6.4. Acciones que no deben realizarse en áreas de turbera	44
6.4.1. Áreas de turberas de cobertor, elevadas, tremedales y turberas de transición	44
6.4.2. Áreas de tremedales y turberas de transición	45
7. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	47
7.1. Bienes y servicios	47
7.1.1. Calidad de las aguas y control hidrológico	47
7.1.2. Biodiversidad y equilibrio de las cadenas tróficas	48
7.1.3. Cambio climático: sumideros y fuentes de carbono	48
7.1.4. Archivos de la evolución ambiental	49
7.1.5. Herencia cultural: aspectos arqueológicos y etnográficos	49
7.1.6. Valor paisajístico	49
7.2. Líneas prioritarias de investigación	50
8. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA	51
9. FOTOGRAFÍAS	57
Anexo 1: Información complementaria sobre especies	61



1. DEFINICIÓN

Las turberas son humedales formados por la acumulación de turba y que poseen una vegetación actual formadora de turba (ver foto 1.1). Esto las diferencia de otros tipos de hábitat en los cuales puede haber vegetación potencialmente formadora de turba pero que no vive sobre un sustrato exclusiva o casi exclusivamente orgánico. Para que se produzca la formación y acumulación de turba, debe darse un desequilibrio entre la producción (producción primaria neta) y descomposición (esencialmente por mineralización) de la biomasa. Esto ocurre en ambientes anóxicos, con baja disponibilidad de oxígeno temporal o permanentemente, y, a veces, coincidente con bajas temperaturas y elevadas precipitaciones.

Hay humedales cuyos materiales sedimentarios de colmatación también contienen capas de turba en su secuencia, pero éstas son discontinuas y no representan una alta proporción del depósito sedimentario. Estos casos no deben ser considerados como turberas, sino como humedales que, en alguna fase de su evolución, se han visto sometidos a condiciones ambientales que favorecieron la acumulación de turba. La dinámica de los mismos, bien como respuesta a cambios ambientales naturales (por ejemplo, cambios climáticos) o a cambios inducidos por la actividad humana, no ha permitido el desarrollo de una acumulación continua y significativa de turba que permita encuadrarlas dentro de los tipos de hábitat de turbera. Éste es el caso de muchos *lagoons* y marismas costeras afectadas por la dinámica litoral y su acoplamiento con las condiciones climáticas.



Foto 1.1

Vegetación característica de turberas ácidas.



2. DESCRIPCIÓN

En el apartado anterior se ha dado una definición genérica de las turberas y de algunas de sus características más importantes. Aquí introducimos aspectos clave para la comprensión de su génesis, evolución, estructura vertical y naturaleza físico-química.

2.1. LA TURBA: COMPONENTE BÁSICO DE LAS TURBERAS

La turba se describe habitualmente como un sustrato orgánico, de color pardo claro a negro (ver foto 2.1), constituido esencialmente por restos de plantas (briófitos —fundamentalmente musgos—, líquenes, diversas herbáceas de medios húmedos, arbustos e incluso árboles), y también —aunque con menor peso global— de pequeños animales. Su estructura es variable, desde un predominio casi absoluto de fibras vegetales (turba poco descompuesta) hasta un material amorfo sin restos reconocibles (turba muy degradada). Los distintos estados de descomposición suelen describirse como fábrico (predominio de restos reconocibles), sáprico (amorfo) y hémico (estado intermedio entre los otros dos); aunque también hay otras escalas en las que se define un mayor número de estados, como la escala de Von Post (11 estados de degradación creciente desde H0 a H10).

Al estar compuesta mayoritariamente por restos orgánicos, la turba es un material de muy baja densidad y extremadamente poroso, con espacios capilares muy largos y estrechos, con una elevada capacidad de almacenamiento de agua (hasta un 90% en volumen). Esto último influye de manera muy notable en la evolución de las turberas, al conferirles la capacidad de desarrollar un nivel freático propio, distinto del regional, y con fuerte carácter autigénico. En general, el contenido de material inorgánico es muy bajo, de hasta un 1-2%, pero esto depende, en gran medida, de los procesos de formación (la turba minerotrófica tiene, en general, contenidos más altos de material inorgánico). Las distintas clasificaciones establecen límites diferentes respecto a esta propiedad para que un material sea reconocido como turba. Las menos exigentes establecen el límite en un 50% en peso seco, lo cual implica que por lo menos la mitad de la masa del material ha de ser orgánica. Parece razonable que si la turba se describe como un material orgánico su composición ha de estar dominada por la materia orgánica. No obstante esta simplificación, es éste un punto de difícil resolución, ya que un límite fijo puede no corresponderse con la evolución real del ecosistema. Por ejemplo, algunas turberas de Islandia poseen un elevado contenido de materia mineral debido a la deposi-



Foto 2.1

Corte de turbera mostrando niveles de turba de diferente grado de descomposición.

ción atmosférica de polvo procedente de extensas áreas desérticas (*sandur*). La abundante deposición de polvo transportado es la responsable del contenido en material inorgánico, aun cuando la formación del ecosistema receptor es la característica de una turbera.

Así pues, en términos generales, la turba está constituida por una gran masa de agua retenida por una malla minoritaria de sólidos embebidos a su vez en esta fase líquida. En la fase sólida, que no suele suponer más del 10% del total, el 92% está asociado a la materia orgánica y un 8% corresponde al componente mineral.

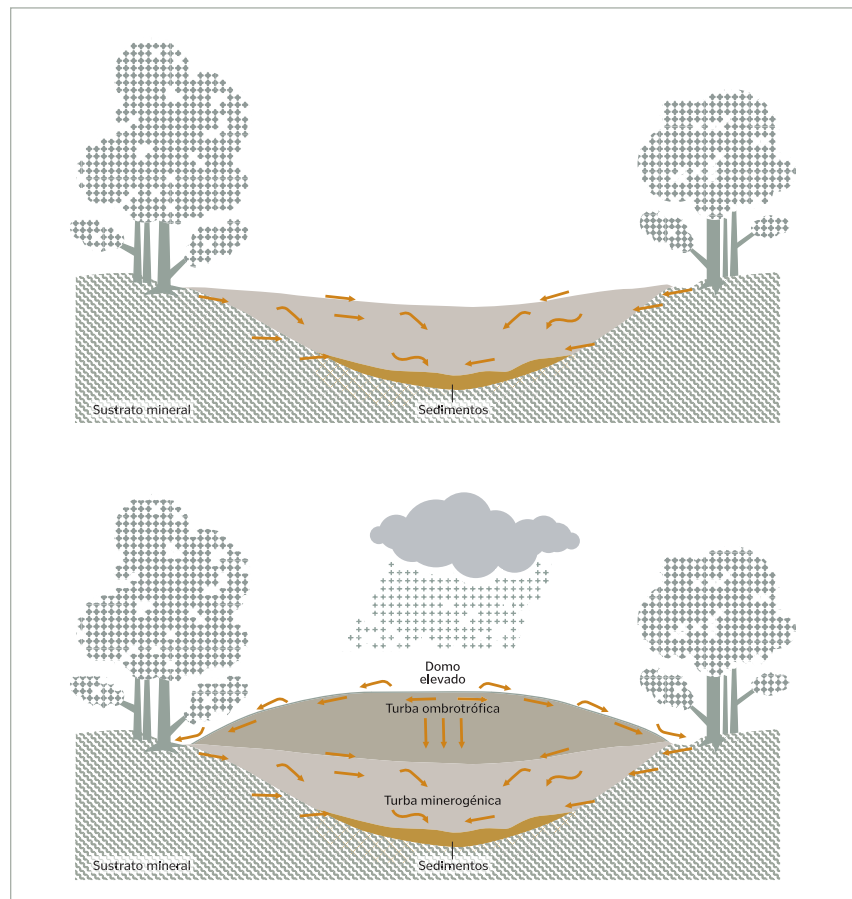
2.2. RUTAS EVOLUTIVAS

La acumulación de turba y, por tanto, la formación de los tipos de hábitat de turbera, puede haber ocurrido por dos vías principales: la terrestización y la paludificación.

La terrestización es resultado de la colmatación progresiva de un medio acuático (lago, laguna, valle fluvial, etc.) que ocupa una forma deprimida del relieve (ver figura 2.1), por medio de la invasión de la vegetación desde los márgenes (habitualmente ciperáceas y juncáceas), cuyos restos se van acumulando en el fondo de la cuenca.

La paludificación es la acumulación de turba sobre una superficie mineral, plana o ligeramente convexa, pero sin una concavidad bien definida (y sin una lámina de agua permanente o estacional de cierta profundidad) (ver figura 2.2). En estos casos son las condiciones frías, de elevada pluviosidad y de sustratos (litológicos o suelos) pobres en nutrientes, los responsables de las limitaciones a la degradación de los restos vegetales que favorecen su acumulación para la formación de turba. Si bien en las primeras fases de acumulación la vegetación puede recibir parte de los aportes nutricionales del sustrato, el aumento del espesor de la capa de turba (a partir de unos pocos decímetros) pronto la aísla de esta influencia y pasa a depender en exclusiva de los aportes atmosféricos directos.

Figura 2.1
Arriba, formación de una turbera por terrestización. Abajo, evolución hacia una turbera elevada por formación de un domo ombrotórico.



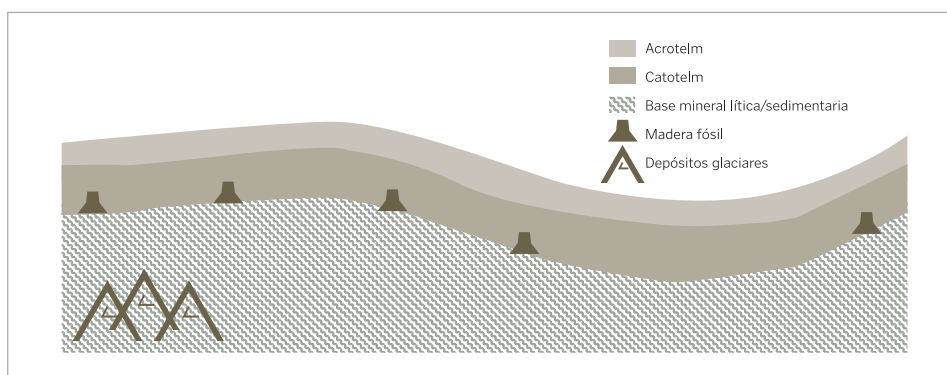


Figura 2.2
Formación de un
macrotopo de turbera
por paludificación.

2.3. EL ESTADO NUTRICIONAL ACTUAL DE LA SUPERFICIE DE LA TURBERA

En gran medida, las dos rutas genéticas mencionadas en el epígrafe anterior imprimen también un control sobre el estado nutricional de la turbera y, a su vez, sobre las propiedades de la turba (como se describe más adelante). Las turberas que se forman por paludificación reciben el nombre de ombrogénicas, dada su dependencia de los aportes hídricos atmosféricos desde sus primeras etapas de formación. Asimismo, a las turberas que en la actualidad acumulan turba y cuya alimentación hídrica depende de la deposición atmosférica se les denomina ombrotroóficas (también se habla de turba ombrotroófica). Cabe mencionar, como se verá más adelante al definir los subtipos, que no todas las turberas ombrotroóficas (condición evolutiva actual) son, a su vez, ombrogénicas (condición genética). La dependencia de la composición del agua atmosférica hace que estas turberas sean mayoritariamente oligotroóficas y de naturaleza ácida a fuertemente ácida. Las turberas que se forman por terrestización reciben el nombre de minerogénicas, ya que su alimentación hídrica está más influida por las aguas de escorrentía superficial de la cuenca que las confina y las aguas subterráneas. Todas las turberas minerogénicas contienen turba minerotroófica. Dado que las aguas que llegan a este tipo de turberas han estado en contacto con sustratos minerales, los suelos y los productos de alteración de la litosfera, éstas tienden a poseer una mayor concentración de solutos y un estado nutricional entre mesotroófico y eutroófico. No obstante, en este caso la composición litológica de las áreas de drenaje y la cobertura de suelo tienen una influencia más decisiva sobre la naturaleza nutri-

cional de la turbera, en comparación con las ombrotroóficas.

2.4. LAS PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS

El tipo de alimentación hídrica condiciona decisivamente tanto las propiedades de la turba como de las aguas superficiales (charcos) y aguas de poro de la turbera. La turba ombrotroófica tiene un contenido mucho menor en materia mineral, una densidad más baja, y es más ácida que la turba minerogénica (ver tabla 2.1). Debido a su menor contenido en materia mineral, las turbas ombrotroóficas tienen concentraciones mucho menores de aquellos elementos químicos más abundantes en los minerales de las áreas fuente del polvo atmosférico (titanio, zirconio, itrio, rubidio, estroncio, etc.). En cuanto a los elementos biófilos —constitutivos de la materia orgánica—, las turbas ombrotroóficas tienen proporciones mucho mayores de carbono, similares de nitrógeno, y menores de azufre, que las minerotroóficas. En consecuencia, las relaciones C/N de las turbas ombrotroóficas son más elevadas e indicativas de un menor grado de transformación de la materia orgánica.

Por lo que respecta a la composición de las aguas de turbera (ver tabla 2.2), al factor esencial —el tipo de alimentación hídrica— se añaden la proximidad al océano y la eficacia en la absorción de nutrientes por parte de la vegetación: la primera determina la mayor o menor abundancia de elementos/compuestos para los cuales el océano es una fuente importante (magnesio, cloruros, sulfatos), mientras que la segunda implica un cambio en la composición del agua tras un período de contacto en la turbera, que será más acusado en las ombrotroóficas que en las minerotroóficas.

			Ombrotróficas					Minerotróficas					Uds.
			Media	±	Desv.	Mín.	Máx.	Media	±	Desv.	Mín.	Máx.	
Propiedades de la turba	Propiedades físicas	Densidad de la turba	0,16	±	0,04	0,10	0,24	0,16	±	0,09	0,02	0,46	g/cm ³
		Densidad de los sólidos	1,5	±	0,1	1,3	1,9	1,7	±	0,2	1,4	2,3	g/cm ³
		Contenido en agua	556	±	127	269	823	650	±	263	135	998	%
		Contenido en cenizas	3,7	±	1,8	1,5	8,5	23,0	±	17,0	4,6	64,6	%
	Acidez	pH agua	3,8	±	0,3	2,6	5,0	4,9	±	0,5	4,0	6,3	
		pH KCl	2,9	±	0,2	2,5	3,9	4,0	±	0,5	3,0	5,2	
		pH CaCl ₂	2,6	±	0,4	2,0	3,0	3,9	±	0,5	3,2	4,8	
	Contenidos totales	Carbono	48,6	±	2,8	40,7	55,5	33,1	±	8,4	16,6	50,2	%
		Nitrógeno	1,8	±	0,3	1,1	2,3	1,9	±	0,5	1,0	2,8	%
		Relación C/N	28,0	±	5,1	18,7	43,9	17,9	±	4,9	10,9	49,7	
		Azufre	0,3	±	0,1	0,1	0,7	0,5	±	0,3	0,1	1,6	%
		Calcio	0,1	±	0,1	0,0	0,5	0,3	±	0,4	0,0	2,4	%
		Potasio	0,1	±	0,1	0,0	0,4	0,5	±	0,3	0,1	1,3	%
		Titanio	193	±	75	52	440	8,39	±	631	72	3.529	µg/g
		Zirconio	8	±	5	1	29	57	±	54	3	235	µg/g
		Fibras no frotadas	80,6	±	12,1	40,0	98,0	45,0	±	6,7	24,0	52,0	%
	Complejo de intercambio catiónico (CIC)	Magnesio	7,4	±	2,5	2,2	13,1	5,3	±	6,3	0,2	34,7	cmol ⁺ /kg
		Aluminio	2,8	±	1,5	0,3	11,4	13,5	±	16,5	0,0	70,0	cmol ⁺ /kg
		CIC efectivo	16	±	4	9	40	28	±	23	8	109	cmol ⁺ /kg
		Suma de bases	12,7	±	4,3	4,7	34,3	14,7	±	13,8	2,2	95,5	cmol ⁺ /kg
		Saturación en Mg	45,8	±	11,5	21,6	67,9	16,0	±	8,3	1,3	37,0	%
		Saturación en Al	18,3	±	10,3	1,7	48,3	42,6	±	24,3	0,0	85,7	%
		Relación Ca/Mg	0,6	±	0,4	0,2	2,4	2,8	±	2,3	0,2	10,3	

Tabla 2.1

Propiedades de la turba.

Propiedades del agua	Ombrotróficas					Minerotróficas										Uds.
						Oceánicas					Continetales					
	Media	±	Desv.	Mín.	Máx.	Media	±	Desv.	Mín.	Máx.	Media	±	Desv.	Mín.	Máx.	
Carbono orgánico total	8	±	5,7	2,7	16,3	6,1	±	3,9	2	17,9	—	±	—	—	—	mg/l
Potencial redox (Eh)	171	±	15	153	194	185	±	79	65	304	—	±	—	—	—	mv
pH	4,3	±	0,4	3,9	4,9	6,0	±	0,5	5,2	6,7	5,9	±	0,3	5,4	6,5	
Conductividad eléctrica	44	±	4	39	48	43	±	8	32	59	23	±	8	15	42	µS/cm
Nitratos	0,3	±	0,2	0,2	0,7	0,8	±	0,6	0,2	2,7	0,4	±	0,3	0,2	1,1	mg/l
Fosfatos	0,2	±	0,1	0,1	0,4	0,1	±	0,1	0,0	0,4	0,1	±	0,1	0,0	0,4	mg/l
Sulfatos	2,4	±	0,5	1,7	2,9	2,5	±	0,7	1,1	32	1,3	±	0,3	0,8	1,9	mg/l
Calcio	0,5	±	0,1	0,3	0,6	2,6	±	1,2	1,0	5,4	2,5	±	0,5	1,7	3,3	mg/l
Cloro	9,6	±	1,9	7,0	11,8	6,4	±	1,2	5,2	10,0	1,3	±	0,3	0,9	1,8	mg/l
Hierro	0,1	±	0,1	0,0	0,2	0,3	±	0,6	0,0	2,9	—	±	—	—	—	
Potasio	0,5	±	0,2	0,3	0,4	0,5	±	0,3	0,2	1,2	1,0	±	0,7	0,4	2,6	mg/l
Magnesio	0,6	±	0,1	0,6	0,7	1,0	±	0,4	0,4	1,8	0,6	±	0,1	0,4	0,8	mg/l
Sodio	4,3	±	0,3	4,0	4,6	6,1	±	1,0	4,3	8,5	2,0	±	0,4	1,0	2,5	mg/l
Armonio	0,3	±	1,3	0,0	0,6	0,1	±	2,3	0,0	1,0	—	±	—	—	—	mg/l

Tabla 2.2

Propiedades de las aguas superficiales de turbera.

2.4.1. Tipo de alimentación hídrica

La procedencia atmosférica exclusiva del agua que llega a las turberas ombrotróficas imprime unas características distintivas a sus aguas superficiales. Son más ácidas (ver tabla 2.2) y tienen concentraciones más elevadas de aluminio, pero más pobres en calcio, magnesio, silicio y nitratos que las aguas de turberas minerotróficas.

2.4.2. Efecto de la oceanidad

La proximidad al océano hace que las diferencias en la composición del agua entre condiciones ombrotróficas y minerotróficas se atenúen. Este factor tiene un efecto dominante sobre las concentraciones de cloruros, sulfatos, sodio y la conductividad eléctrica. Así, las turberas oceánicas tienen valores significativamente más elevados que las turberas continentales. Este mismo efecto se observa en la relación Cl/Na, que disminuye a medida que se debilita el efecto oceánico. En las áreas oceánicas el efecto de la distancia al mar es modulado por el relieve que, en combinación con la dirección de los vientos predominantes, influye creando áreas de pluviometría intensificada (máximo aporte hídrico) a barlovento y áreas de sombra pluviométrica (menor aporte hídrico) a sotavento. Este efecto es apreciable, por ejemplo, en las turberas de las Sierras Septentrionales de Galicia y, presumiblemente, en las de la Cordillera Cantábrica.

2.4.3. Absorción por parte de la vegetación

La composición química de las aguas puede cambiar con el grado de estancamiento, pues a mayor tiempo de residencia en la turbera el agua será desprovista de cationes debido a la absorción eficaz por parte de la vegetación. Esto hace que las concentraciones de calcio, magnesio y sodio sean menores, la acidez sea mayor (entre 0,5 y 1 unidad de pH menor), y las concentraciones de Cl y las relaciones Cl/Na sean mayores en las aguas estancadas que en las circulantes.

2.4.4. Otros efectos

Además de estos factores naturales, la composición química de las aguas de turbera están afectadas por

las actividades humanas que se desarrollan directamente sobre su superficie, pero también como consecuencia de acciones sobre los suelos y aguas de la cuenca que las contiene (esencialmente en las minerotróficas), o incluso debido al transporte y deposición de contaminantes atmosféricos (en particular para las ombrotróficas). Esto se refleja en más detalle en el apartado sobre el estado de conservación.

2.5. LA DINÁMICA: LA ESTRUCTURA VERTICAL DEL DEPÓSITO TURBOSO

El desarrollo de la acumulación de turba a lo largo del tiempo no sólo implica una expansión en área de la turbera sino, y sobre todo, la adquisición de una estructura vertical que es fruto de procesos físicos y químicos, y que conlleva una tendencia a la autoperpetuación del tipo de hábitat. Esta estructura puede describirse de manera simplificada en dos compartimentos: uno superficial, de unas pocas decenas de centímetros de espesor, denominado acrotelmo y otro profundo, de mucho mayor espesor (de hasta varios metros), denominado catotelmo. El acrotelmo posee, en general, unas condiciones geoquímicas oxidantes (aeróbicas) y ácidas, mientras que en el catotelmo predominan condiciones reductoras (anaerobias) y de menor acidez.

La situación real es algo más compleja (ver figura 2.3) ya que la capa aerobia se puede subdividir en una capa eufótica superficial, de unos pocos centímetros de espesor, donde viven las plantas y tiene lugar la producción de la mayor parte de la biomasa; y una capa de descomposición aeróbica, de elevada porosidad compuesta por restos vegetales muertos —excepción hecha de algunas raíces de plantas vasculares—.

El catotelmo está a su vez compuesto por otras dos capas, una capa de descomposición anaerobia y una capa de colapso estructural. La última forma una fuerte discontinuidad con la parte aerobia, y en ella se produce el colapso del entramado poroso en respuesta a la presión de las capas superiores y al avance del estado de degradación de los restos vegetales. Este cambio estructural conlleva un aumento de la densidad, una menor porosidad total y una disminución de la conductividad hidráulica, que favorecen la saturación en agua y el desarrollo de condiciones anóxicas típicas de la capa subyacente.

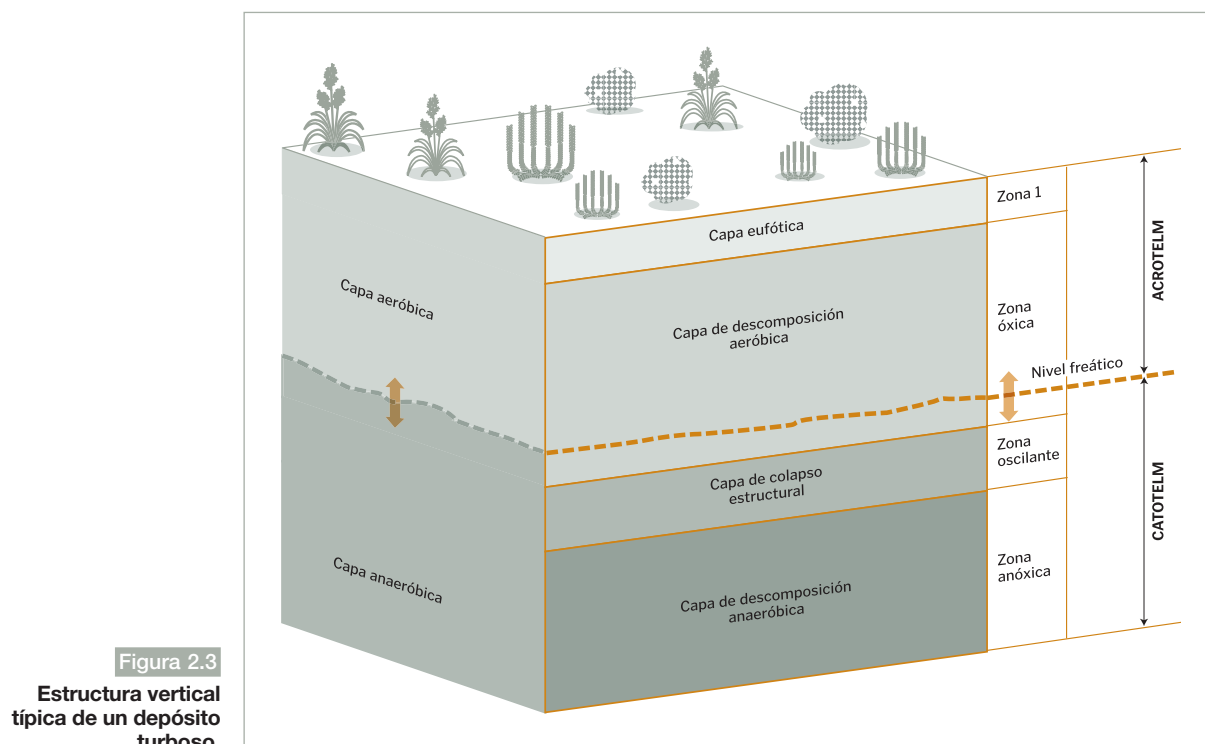


Figura 2.3
Estructura vertical
típica de un depósito
turboso.

Debido a esta conjunción de procesos estructurales y geoquímicos, la degradación de los restos vegetales ocurre casi exclusivamente en la capa aerobia. En la capa anaerobia, aunque también tiene lugar una cierta degradación ésta es mucho más lenta que la de la capa aerobia, si bien afecta a un espesor mucho mayor de turba. Así pues, la tendencia a largo plazo es que el espesor de la capa aeróbica se mantenga relativamente constante con el tiempo mientras el depósito orgánico crecerá en espesor por incorporación de turba en la parte superior de la zona anóxica.

Conviene, no obstante, mencionar que en períodos secos el descenso del nivel freático puede afectar a los niveles más superficiales de la capa anaerobia, provocando su aireación y una rápida degradación de la materia orgánica contenida en ella.

2.6. VEGETACIÓN Y FLORA

La cubierta vegetal de las turberas está constituida esencialmente por especies formadoras de turba, adaptadas a prolongados períodos de encharcamiento, fuerte acidez y, con frecuencia, a condicio-

nes nutricionales fuertemente oligotróficas. Estudios recientes llevados a cabo en las turberas del área atlántica (Fraga Vila *et al.*, 2001) peninsular indican que tan sólo unas 40 de las especies catalogadas pueden ser consideradas como principales componentes de la cubierta vegetal y la gran mayoría aparecen también en otros tipos de hábitat. Los estudios sobre diversidad (Romero *et al.*, 2005) indican que la mayor diversidad específica, número de especies de esfagnos y número de especies protegidas se han encontrado en los tremedales (turberas minerotróficas). En las turberas ombrotroáficas (de cobertor y elevadas) la riqueza específica es mayor en los sectores secos —con la capa freática a varias decenas de centímetros de la superficie— que en los inundados (muy en particular en las de cobertor donde pasa de 30 en los sectores inundados a 54 en los secos). La presencia de agua tiene un efecto poco apreciable sobre la riqueza específica en los tremedales, si bien los de áreas continentales muestran una mayor riqueza que los de áreas oceánicas (93-96 frente a 83-85).

En cuanto a la composición florística, el grupo dominante es el de plantas vasculares con 137 especies en las turberas atlánticas (principalmente de las fa-

milias Poaceae, Cyperaceae y Juncaceae). También se han registrado 10 especies de esfagnos, 41 de otros briófitos y 3 de líquenes. El número de especies de esfagnos y líquenes es similar para todos los tipos de turberas estudiadas, con independencia del microtopo (sector inundado o seco) o área de distribución (oceánica o continental). No así los otros grupos. Los demás briófitos y las plantas vasculares muestran una mayor preferencia por los sectores secos en las turberas de cobertor (39 especies frente a 21 de los inundados). Aunque, en general, las turberas se han venido considerando como tipos de hábitat pobres en especies —muy en particular las ombrotróficas— en las investigaciones recientes (Romero *et al.*, 2005) se aportan valores del índice de diversidad de Shanon de 3,1 a 4,4. Valores que se encuentran en el rango alto de este índice, que usualmente varía entre 1,5 y 3,5.

Del total de especies inventariadas 26 son especies protegidas, 17 de ellas están presentes en los treme-

dales del área oceánica, 11 en los tremadales continentales y en las turberas elevadas oceánicas y 9 en las turberas de cobertor. Los tipos corológicos más comunes son el circumboreal, el europeo, el atlántico y el cosmopolita.

No obstante, conviene tener presente que la vegetación de la superficie actual es sólo una parte de los ecosistemas de turbera y está sujeta a una dinámica espacial y temporal ligada, en gran medida, a las condiciones hídricas de la turbera y a las variaciones climáticas. Estudios llevados a cabo en las Islas Británicas han puesto de manifiesto que especies que dominaron la composición florística durante miles de años desaparecieron por completo de la vegetación superficial en el último milenio (es el caso de la sustitución de *Sphagnum imbricatum* por *Sphagnum magellanicum*) (Barber, 1993; Barber *et al.*, 1998; Mauquoy & Barber, 1999a, b; Hughes *et al.*, 2000). En la gráfica de la figura 2.4, obtenida a partir de datos de una turbera de cobertor de la

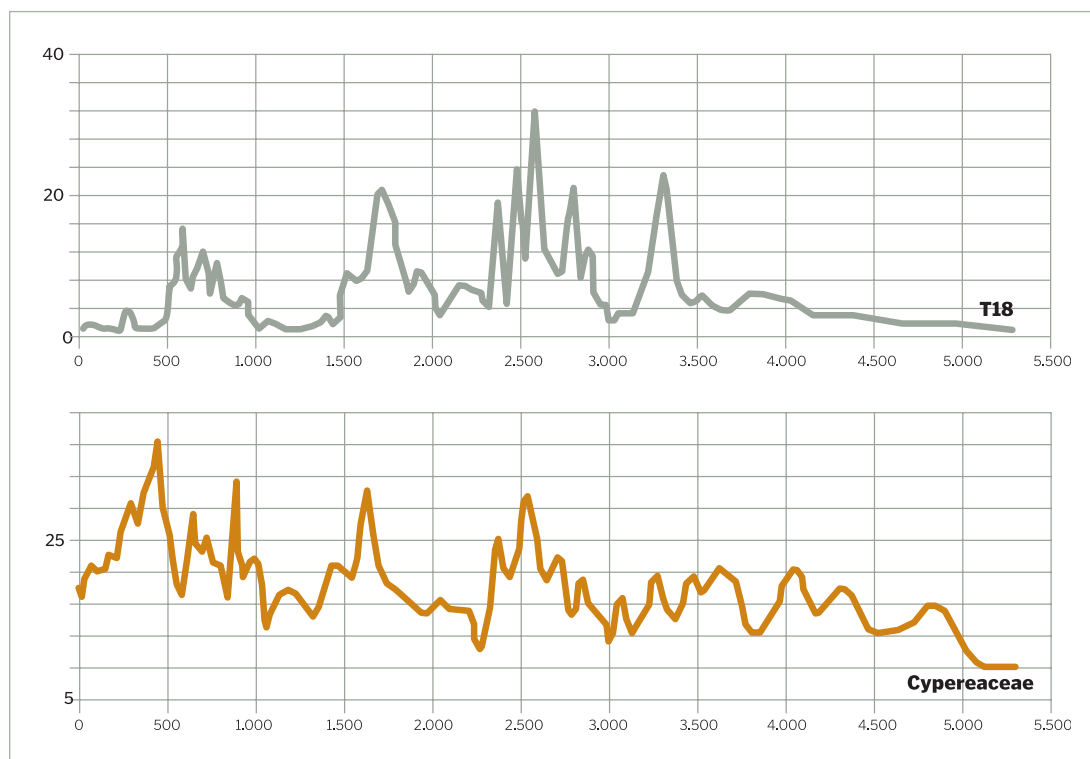


Figura 2.4

Cronología de los cambios en el polen de ciperáceas y el palinomorfo no-palínico T18.

Indicador de precipitación: una alta abundancia indica un período húmedo con la capa freática elevada; una baja abundancia indica un período seco, con la capa freática en posiciones más profundas.

Los ejes horizontales indican la edad calibrada BP.

Sierra del Xistral (Galicia), puede verse como la presencia de ciperáceas ha variado significativamente en los últimos 5.500 años, en sincronía con cambios en la precipitación (indicados por el palinomorfo no polínico T18) (Mighall *et al.*, 2006). En las turberas ombrotáficas las especies dominantes de la vegetación pueden cambiar incluso en períodos breves de tiempo, debido a alternancias entre años secos (con predominio de herbáceas, como *Molinia caerulea*) y húmedos (con predominio de *Sphagnum*, *Juncus* y *Eriophorum*).

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies características y diagnósticas aportado por la Sociedad Española de Ornitología (SEO-Birdlife).

2.7. RELIEVE

Las formas del terreno sobre las que se desarrollan los tipos de hábitat de turberas ácidas son variadas; aparecen tanto sobre formas planas o de muy ligera inclinación, sobre laderas, sobre formas de origen fluvial, glaciar o tectónico. Su principal influencia se ejerce a dos escalas temporales muy distintas. Por un lado son, en parte, responsables de las rutas evolutivas de formación de las turberas (paludificación y terrestización), en gran medida dependientes de los procesos morfogenéticos ocurridos durante el Pleistoceno final y el Holoceno. Por otro lado, el régimen hídrico/nutricional es más dependiente de la configuración actual del terreno.

El papel de los procesos geomorfológicos fue clave en la configuración de depresiones que favorecieron el encharcamiento y con ello la acumulación de turba mediante terrestización. En estos ambientes se han desarrollado turberas cuyas propiedades físico-químicas son dependientes tanto de la evolución del depósito turboso, como de la cuenca sobre la que se encuentra inmersa. Estas condiciones propician el desarrollo de ambientes geoquímicos mineogénicos, aunque en casos específicos de elevada acumulación de turba pueden haber progresado hacia ambientes ombrotáficos. En el caso de las turberas de cobertor, el papel del relieve está más asociado a un cierto control climático, propiciador de elevadas precipitaciones y bajas temperaturas que facilitaron la paludificación. En estas áreas el régimen hídrico/nutricional de las turberas sigue dependiendo estrictamente del clima —de ahí la fuer-

te sensibilidad potencial que muestran hacia el cambio climático. En los apartados dedicados a los factores biofísicos de control, los subtipos de turberas y la evaluación del estado de conservación se abunda en estos aspectos ligados al relieve.

2.8. TIPOS DE SUELOS CARACTERÍSTICOS DE LOS TIPOS DE HÁBITAT DE TURBERA

Al estar formados mayoritariamente por acumulación de restos vegetales, el tipo de suelo característico de estos tipos de hábitat es el Histosol. En la *World Reference Base for Soil Resources* (IUSS-ISRIC-FAO, 2006) los Histosol se definen como suelos que tienen material orgánico (consistente en grandes cantidades de restos orgánicos que se acumulan en la superficie bajo condiciones húmedas o secas y en el cual el material mineral no influye significativamente en sus propiedades), con un espesor de 10 cm o más si se encuentra sobre hielo, roca continua o material fragmentado cuyos intersticios están rellenos con material orgánico; o de forma acumulada en los 100 cm superficiales un espesor de 60 cm o más si el 75% o más del material está compuesto por fibras de musgos o 40 cm o más en otros materiales, estando su límite superior contenido en los primeros 40 cm superficiales.

La WRB establece dos niveles de calificadores para definir el tipo de suelos: *a)* calificadores prefijo, son aquéllos que denotan propiedades típicamente asociadas con el tipo de suelo o con intergrados hacia otros tipos de suelos; *b)* calificadores sufijo, se refieren a propiedades no típicamente asociadas al tipo de suelo ni que lo relacionen con otros tipos de suelos. De manera simplificada, para los Histosol, podemos decir que los calificadores prefijo definen tipos de suelo, mientras que los calificadores sufijo establecen alguna característica específica en cuanto a propiedades físico-químicas, tipo de material, etc. En el caso concreto de los suelos de los tipos de hábitat de turberas ácidas los calificadores prefijo se refieren al grado de descomposición de la turba (fibrico, hémico, sáprico), a su relación con el agua (flotante, subacuático, ómbrico, reico), a la presencia de materiales extraños (técnico) o al espesor (léptico). La nomenclatura de los tipos incluirá uno o varios prefijos y uno o varios sufijos.

Calificadores prefijo típicos de los suelos de los tipos de hábitat de turberas ácidas:

- Fíbrico: que, tras frotar, dos tercios o más (en volumen) del material orgánico de los 100 cm superficiales del suelo está compuesto por tejidos vegetales reconocibles.
- Hémico: que, tras frotar, entre dos tercios y un sexto (en volumen) del material orgánico de los 100 cm superficiales del suelo está constituido por restos vegetales reconocibles.
- Sáprico: que, tras frotar, menos de un sexto (en volumen) del material orgánico de los 100 cm superficiales del suelo está constituido por restos vegetales reconocibles.
- Flotante (floatic): que contiene material orgánico que flota en agua.
- Subacuático: permanentemente sumergidos bajo agua con una profundidad inferior a 200 cm.
- Ómbrico: que en los 40 cm superficiales tiene un horizonte hístico saturado predominantemente con agua de lluvia.
- Reico: que en los 40 cm superficiales tiene un horizonte hístico saturado predominantemente por aguas freáticas o de escorrentía superficial.
- Técnico: que tiene un 10% o más (en volumen) de artefactos en los 100 cm superficiales del suelo o hasta la roca continua u otro nivel endurecido.
- Léptico: con roca continua a menos de 100 cm de la superficie del suelo.

Calificadores sufijo típicos de los suelos de hábitat de turberas ácidas:

- Tiónico: que tiene un horizonte tiónico o un nivel con material sulfúrico, con un espesor de 15 cm o más, en los 100 cm superficiales del suelo (horizonte tiónico: horizonte subsuperficial extremadamente ácido en el que se forma ácido sulfúrico por

oxidación de sulfuros; material sulfúrico: depósitos saturados de agua que contienen S, mayoritariamente en forma de sulfuros, y sólo cantidades moderadas de carbonato cálcico).

- Tóxico: que en los 50 cm superficiales del suelo tiene concentraciones tóxicas de sustancias orgánicas o inorgánicas, excepción hecha de iones de Al, Fe, Na, Ca y Mg.
- Dístrico: con una saturación de bases (en acetato amónico 1M) de menos del 50% en la mayor parte del suelo entre 20 y 100 cm a partir de la superficie o entre 20 cm y roca continua u otro nivel endurecido.
- Eutricto: con una saturación de bases (en acetato amónico 1M) del 50% o más en la mayor parte del suelo entre 20 y 100 cm a partir de la superficie o entre 20 cm y roca continua o cualquier nivel endurecido.
- Drénico (drainic): con horizonte hístico artificialmente drenado en los 40 cm superficiales del suelo.
- Transpórtico: que contiene un nivel de 30 cm o más de espesor, con material sólido o líquido que ha sido desplazado de su área fuente en las inmediaciones del suelo por actividades humanas intencionales, habitualmente con el empleo de maquinaria, y sin un retrabajado o desplazamiento substancial por fuerzas naturales.
- Nóvico: que sobre el suelo tiene un nivel de sedimentos recientes (arenosos, limosos o arcillosos), de entre 5 y 50 cm de espesor.

En los tipos de hábitat de turberas ácidas todos los prefijos a excepción de “técnico” representan estados naturales del tipo de hábitat, mientras que todos los calificadores sufijo a excepción de “dístrico” y “tiónico” se darán en condiciones de perturbación del hábitat (por contaminación, drenaje forzado, remoción de suelo o sedimentación de materiales externos).

3. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL

Por lo explicado hasta aquí, el punto clave para la formación de una turbera es la acumulación de turba, por lo que la evolución y pervivencia en el tiempo, de la turbera, dependerá de aquellos factores biofísicos que desencadenan y mantienen el desequilibrio entre la producción y la mineralización de la biomasa. Desde un punto de vista sistémico, la acumulación de turba es resultado de la interacción de componentes de los distintos subsistemas terrestres: la biosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la litosfera. Esta interacción es dinámica tanto espacial como, sobre todo, temporalmente, y presenta también características distintas para los diversos subtipos de turberas.

En la figura 3.1 hemos esquematizado las interacciones entre los distintos subsistemas (atmósfera, litosfera, hidrosfera y biosfera) que determinan los procesos implicados en la acumulación de turba. De una manera simplificada se pueden establecer dos categorías de factores: los factores externos a la turbera, que atañen a las relaciones con la atmósfe-

ra y la litosfera —las fuentes del agua, nutrientes y materia mineral—; y los factores internos, que se definen en base a las interacciones entre biosfera e hidrosfera, acopladas a la evolución estructural y geoquímica del depósito turboso (de hecho, como ya se ha dicho, una turbera es esencialmente biomasa —viva y muerta— y agua).

3.1. FACTORES EXTERNOS

3.1.1. Atmósfera

Las elevadas precipitaciones y bajas tasas de evaporación contribuyen a generar un exceso hídrico que fomenta la anoxia; además, cuando coinciden con bajas temperaturas, provocan una disminución adicional de la actividad de los microorganismos y, por ende, de las tasas de mineralización. Las turberas se desarrollan debido a que presentan un balance positivo; es decir, las pérdidas de agua por drenaje, evaporación y transpiración son superadas

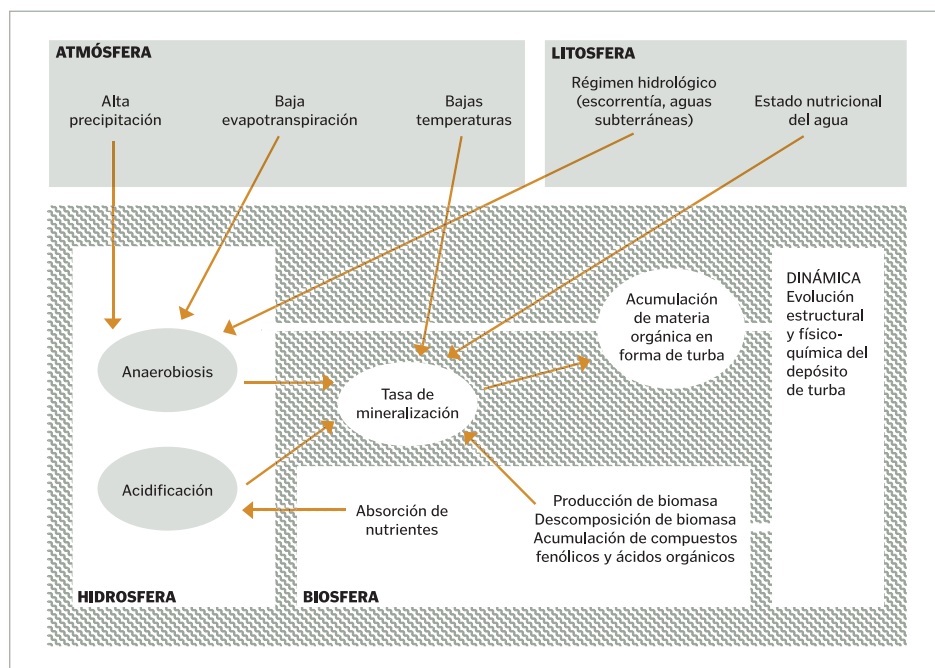


Figura 3.1

Factores y procesos que influyen en la acumulación de turba.

por las entradas por precipitación y escorrentía superficial y subterránea. La precipitación total acumulada no es, por tanto, un buen estimador para determinar el posible desarrollo y pervivencia de las turberas. La regularidad en el suministro de agua es el factor más importante, siendo la temperatura un factor secundario.

3.1.2. Litosfera

Las formas del terreno controlan la redistribución del agua (escorrentía superficial, aguas subterráneas) y dictan, en gran medida, los emplazamientos en los que se producen condiciones hidromorfas tendentes a la anoxia. Asimismo, el contacto de las aguas de escorrentía y subterráneas con los materiales de la litosfera (suelos y materiales geológicos) influye en su composición (aspecto clave, como ya se ha mencionado, en el caso de las turberas mineorotróficas) y ésta, a su vez, lo hace sobre las tasas de mineralización.

3.2. FACTORES INTERNOS

3.2.1. Biosfera

La turba es biomasa muerta con grados variables de descomposición, por lo que la biota juega un papel esencial en su formación. Son los fotosintetizadores, esencialmente las plantas, los productores primarios del material de la turba. La vegetación de las turberas está caracterizada por la presencia de musgos, ciperáceas, juncáceas, herbáceas diversas, plantas especializadas (como las carnívoras) y pequeños arbustos. A modo de ejemplo, se puede citar que en las turberas del noroeste ibérico se han determinado 191 especies (137 de plantas vasculares, 51 de briófitos y 3 de líquenes). Por otro lado, la vegetación de las turberas es muy eficiente en la absorción de nutrientes en disolución (muy en particular los esfagnos), por lo que influye activamente en la acidificación de la superficie, lo que incide sobre las tasas

de mineralización y condiciona también la composición florística.

El otro componente importante de la biota son los microorganismos. Aunque hay muy pocas investigaciones sobre los microorganismos, las que se han llevado a cabo (por ejemplo, Gilbert & Mitchell, 2006) demuestran que las turberas hospedan una alta diversidad, estando presentes especies de procariotas (bacterias heterótrofas, bacterias metanogénicas y cianobacterias), hongos, microalgas (algas verdes, diatomeas), protistas heterótrofos (flagelados, ciliados y amebas) y micro-metazoos (rotíferos, nematodos). La gran mayoría se concentran en los pocos centímetros superficiales de la turbera, en la capa eufótica, tienen una diversidad espacial que depende de la presencia de agua, la acidez y el estado nutricional de la turbera y, en general, la diversidad disminuye de los tremedales a las turberas ombrotóricas. La única excepción la constituyen las bacterias metanogénicas, cuya mayor abundancia se encuentra en profundidad, en la turba anaerobia, y presentan una diversidad muy limitada. Los microorganismos no representan más de un 1% de la producción primaria de la turbera, por lo que su contribución a la biomasa total es mínima. Las principales funciones de los mismos son la descomposición de la materia orgánica y el reciclado de nutrientes, siendo los hongos y las bacterias los grupos principales implicados en estas funciones. En las turberas ácidas el papel de los hongos es más importante, al ser más tolerantes a la acidez.

3.2.2. Hidrosfera

El papel de la hidrosfera se refiere a dos aspectos básicos, el tiempo medio de residencia del agua en la turbera y la composición química. El primero tiene que ver con el establecimiento de la anaerobiosis y la progresiva acidificación, mientras que el segundo condiciona la producción de biomasa, la expresión de la vegetación y la actividad de los microorganismos. La naturaleza química del agua de las turberas ya se ha descrito anteriormente.



4. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBERAS

4.1. TURBERAS ÁCIDAS DE ESFAGNOS

Recogemos a continuación la definición que aparece en el *Manual de Interpretación* (EUR-27).

4.1.1. 7110 Turberas altas activas

Turberas ácidas, ombrotáficas, pobres en nutrientes minerales, alimentadas por agua de lluvia, con un nivel de agua, en general, más elevado que el de la capa freática del entorno, con vegetación perenne dominada por vistosos montículos de esfagnos que permiten el crecimiento de la turbera (*Erico-Sphagnetalia magellanici*, *Scheuchzerietalia palustris* p., *Utricularietalia intermedio-minoris* p., *Caricetalia fuscae* p.). El término “activas” quiere decir que todavía poseen un área significativa con vegetación formadora de turba, pero también incluye turberas donde la formación activa de turba se ha detenido temporalmente, como tras un incendio o durante un ciclo climático natural (por ejemplo, un período de sequía).

4.1.2. 7130 Turberas de cobertura

Extensas comunidades o paisajes de turbera sobre superficies planas o en pendiente con mal drenaje superficial, en climas oceánicos de elevadas precipitaciones, características del oeste y norte del Reino Unido e Irlanda. A pesar de que puede haber un cierto flujo lateral de agua, las turberas de cobertor son mayoritariamente ombrotáficas. Con frecuencia cubren extensas áreas con rasgos topográficos superficiales que soportan diferentes comunidades vegetales (*Erico-Sphagnetalia magellanici*; *Pleurozium pupureum-Ericetum tetralicis*, *Vaccinio-Ericetum tetralicis* p., *Scheuchzerietalia palustris* p., *Utricularietalia intermedio-minoris* p., *Caricetalia fuscae* p.). Los esfagnos juegan un papel importante en todas ellas pero el componente de ciperáceas es mayor que en las turberas elevadas.

4.1.3. 7140 Mires de transición

Comunidades formadoras de turba en la superficie de aguas oligotróficas a mesotróficas, con características intermedias entre tipos solígenos y ombrogénos. Presentan un amplio y diverso rango de comunidades vegetales. En extensos sistemas turbosos, las comunidades más prominentes son praderas de herbáceas, fases flotantes o tremedales formados por ciperáceas de tamaño medio o pequeño, asociadas con esfagnos o musgos pardos. En general están acompañadas de comunidades acuáticas y anfibias. En la región Boreal este tipo de hábitat incluye tremedales (*fens*) minerotróficos que no son parte de un complejo turboso más extenso, pantanos abiertos y pequeños tremedales en las zonas de transición entre aguas (lagos, charcas) y el suelo mineral.

Estas turberas pertenecen al orden *Scheuchzerietalia palustris* (turbas flotantes oligotróficas entre otras) y al orden *Caricetalia fuscae* (comunidades de tremedal). También incluye interfases tierra-agua oligotrófica con *Carex rostrata*.

4.1.4. 7150 Depresiones sobre sustratos turbosos del *Rhynchosporium*

Comunidades pioneras altamente constantes sobre turba saturada expuesta o, en ocasiones, sobre arena, con *Rhynchospora alba*, *R. fusca*, *Drosera intermedia*, *D. rotundifolia*, *Lycopodiella inundata*, en áreas desnudas de turberas de cobertor o elevadas, pero también en superficies erosionadas de forma natural por agua y congelación en brezales húmedos y turberas ombrotáficas (*bogs*), en zonas de surgencia y en la zona de fluctuación de charcos oligotróficos con sustrato arenoso ligeramente turboso. Estas comunidades son similares y están estrechamente relacionadas con las de depresiones someras de turberas ombrotáficas (*bogs*) y turberas de transición.

4.2. PROBLEMAS DE INTERPRETACIÓN

Los principales problemas de interpretación e identificación de los tipos de hábitat de turberas proceden esencialmente de la deficiente comprensión de su génesis, que lleva una falta de coherencia en los criterios de clasificación. Estos problemas tienen que ver en parte con la escala espacial de los rasgos que se emplean como indentificadores típicos y, en parte, con una confusión terminológica. Los más destacados se describen a continuación:

- Falta de coherencia en la estructura de la definición: el tipo de hábitat 7110 Turbera elevadas activas (*) se describe preferentemente por su naturaleza físico-química (acidez, ombrotrofia, oligotrofia); el 7130 Turberas de cobertor (* para las turberas activas) por las formas del terreno que ocupa; el 7140 Mires de transición (Tremedales) por la vegetación formadora de turba y la naturaleza físico-química; el 7150 Depresiones en substratos turbosos del *Rhynchosporium*, por la presencia de determinadas especies o asociaciones de especies vegetales.
- La distinta escala a la que se definen los tipos del mismo nivel de clasificación: macrotopos para las de cobertor (7130); mesotopos para las turberas elevadas (7110*) y *mires* (sic) de transición (7140); nano/microtopos para las depresiones sobre substratos turbosos con *Rhynchosporion* (7150).
- Redundancia en la definición del tipo 7110*: el término *ombrotrofica/o* significa lo mismo que alimentada por agua de lluvia.
- El empleo del término *mire* para definir el tipo 7140: que queda así reservado en exclusiva para las turberas de transición cuando este término en la literatura sobre turberas se emplea para designar a las turberas con acumulación activa de turba. Por ello, el término es aplicable a todos los tipos y genera confusión. El empleo de la definición de transición también crea dificultades interpretativas, ya que debe especificarse entre qué tipos hace transición (comparte características, establece una secuencia evolutiva entre dos o más tipos, etc.).
- Ausencia de un tipo específico para las turberas minerotróficas: en el que se incluyan la gran mayoría de las turberas de España, desarrolladas sobre geoformas que las contienen y confinan a un espacio limitado (depresiones o cuencas). El tipo que en la literatura anglosajona recibe el

nombre de *fen* y que proponemos denominar como *tremedales*.

- Ausencia de un tipo que describa las formaciones turbosas ligadas a afloramientos de la capa freática en posiciones de media ladera, en formas planas y por tanto no confinadas (las denominadas en la literatura anglosajona como *flarks*).
- Insuficiente resolución en el tipo 7140: este tipo incluye una gran diversidad de mesotopos que, convenientemente estudiados y caracterizados, podrían constituir tipos diferentes de turberas ácidas.
- Consideramos que el término de “Turberas Altas” no es adecuado para definir a las turberas del 7110*; por un lado, no responde al mecanismo de formación —una elevación progresiva del domo a lo largo del tiempo— y, por otro, no es una traducción adecuada del término inglés “*raised*”, que sí se ajusta al mecanismo de formación. En adelante usaremos el término de “Turberas Elevadas”. El uso de los términos “turberas altas” y “turberas bajas” crea, a nuestro entender, bastante confusión entre la morfología/génesis de la formación turbosa y su posición altitudinal.
- En relación con lo comentado en el primer punto, el tipo 7150 no debería considerarse como un tipo de hábitat de turbera, si no como un tipo de nano/microtopo que aparece en algunas áreas turbosas como resultado de procesos de degradación antrópica o natural. Este nano/microtopo es susceptible de aparecer asociado a cualquiera de los demás tipos, al igual que las depresiones (*hollows*), los montículos (*hummocks*) y las superficies planas (*lawns*), que no poseen una tipificación a este nivel de clasificación, pero que tienden a poseer una composición diferente de plantas formadoras de turba.

4.3. SUBTIPOS DE TURBERAS ÁCIDAS

En base a lo descrito tanto en la definición, como en la descripción y en factores biofísicos, la clasificación de los subtipos de turberas debe responder a los principales factores que influyen en su formación y preservación, de manera jerarquizada. Aquí nos enfrentamos ante dos posibles alternativas complementarias, clasificarlas en función de su estado actual o de su ruta evolutiva (la condición genética). Aunque estas dos alternativas presentan sutiles diferencias interpretativas, dada la naturaleza de la red Natura 2000 parece más adecuado que los criterios se guíen por el

estado evolutivo actual. De todas formas, para no perder de vista el carácter dinámico de este tipo de hábitat, se establecen también las relaciones correspondientes a la condición de génesis.

Así pues, el primer factor de relieve para la caracterización es el tipo de alimentación hídrica ya que define el estado nutricional de la turbera y la fuente esencial del agua. Recuérdese que el agua no sólo desempeña un papel como medio de aporte de nutrientes, sino que también regula la disponibilidad de oxígeno e influye directamente en la formación de turba y sus propiedades (contenido en materia mineral, grado de descomposición, etc.). El segundo de los factores tendrá que ver con las formas del terreno, ya que ellas controlan la redistribución del agua a nivel espacial, influyendo con ello en la composición química de las aguas y la extensión, forma y naturaleza de las formaciones turbosas. La escala espacial a la que se definen también se tiene en cuenta.

Al nivel más alto se deben diferenciar dos grandes grupos de hábitat de turbera (ver tabla 4.1): los que poseen una alimentación hídrica exclusiva o casi exclusiva por vía atmosférica, las turberas ombrotóficas; y aquellas en las cuales la alimentación hídrica está dominada por los aportes de aguas de escorrentía superficial y aguas subterráneas, las turberas minerotóficas. Esta separación no se corresponde con ningún tipo concreto de los definidos en la red Natura 2000. Los tipos definidos dentro del código 71, Turberas ácidas de esfagnos, se resuelven al segundo nivel de clasificación, el representado por la escala espacial. A este nivel podemos definir tres escalas:

- *Escala de macrotopo*: amplias áreas de turberas con continuidad espacial de su capa freática, no confinadas a una forma del terreno. Se corresponde con el tipo 7130 Turberas de cobertor; los subtipos se resuelven a la siguiente escala espacial.
- *Escala de mesotopo*: unidades asociadas a formas del terreno bien como parte de un continuo (en las de cobertor), o bien como entes aislados o semi-aislados sin una gran conexión espacial con otras unidades. Esto incluiría por un lado a los subtipos de turberas de cobertor y por otro al de turberas elevadas (7110*) y al de turberas de transición (7140).
- *Escala de microtopo*: se trata del nivel de menor entidad espacial, rasgos individuales que pueden llegar a crear un patrón superficial en las propias turberas. Es frecuente que estos elementos morfológicos se deban a asociaciones locales de componentes de la vegetación formadora de turba, en respuesta a condiciones también locales en la distribución y naturaleza del agua de la turbera (en particular de la profundidad a la capa freática). En la red Natura 2000 sólo se le ha dado rango de tipo de hábitat a las depresiones de substratos turbosos con *Rhynchosporium* (7150).

Desde un punto de vista genético las turberas de cobertor (7130) son ombrogénicas, mientras que las definidas como turberas de transición (7140) son minerogénicas. Las turberas elevadas (7110*) son turberas minerogénicas desde el punto de vista genético, aunque posean un espesor superficial más o menos potente de turba ombrotrófica. El tipo

Tipo de alimentación hídrica actual		Exclusivamente o casi exclusivamente por deposición atmosférica húmeda y seca				Predominantemente por aguas de escorrentía superficial y subterránea			
		Ombrotrófica				Minerotrófica			
Escala espacial	Macrotopos	Turberas de cobertor 7130							
		(no confinadas)				Turberas elevadas 7110		Tremadales 7140	
	Mesotopos	Cumbre	Ladera	Escalón	Collado	Confinadas	Semi-confinadas	Confinadas	No confinadas
		Fotografía 4*				Fotografía 1*	Fotografía 2*	Fotografías 5 y 6*	Fotografías 6 y 7*
	Microtopos	Depresiones rubosas con <i>Rynchosporium</i> 7150							
	Ruta evolutiva	Ombrogénica				Minerogénica			

Tabla 4.1
Tipos y subtipos de turberas ácidas. (* Ver fotografías en la sección 9).

7150, al pertenecer a la escala de microtopo, no está relacionado con una condición genética en particular.

A excepción del tipo 7150, los otros tres tipos definidos en la red Natura 2000 como tipos de hábitat de turberas poseen una variabilidad que permite la definición de subtipos a escala de mesotopo (ver tabla 4.1). Estos son los siguientes:

4.3.1. 7110 Turberas elevadas

De origen minerogénico pero que poseen turba ombrotrófica en superficie. Presentan un domo (a veces dos) de turba ombrotrófica y forma semielíptica en sección transversal, con un gradiente pronunciado en los bordes, que es generado exclusivamente por la acumulación de turba y no por la forma del terreno subyacente; este domo se desarrolla sobre niveles de turba minerogénica formada por terrestización; en los márgenes de la formación hay unidades de turba minerogénica en las cuales el nivel freático enlaza con el de los suelos minerales circundantes.

4.3.1.1. 7110-1 Confinadas

Turberas elevadas típicas, desarrolladas sobre una forma cóncava que las contiene y rodeadas de suelo mineral en sus márgenes; la transición entre los suelos minerales del borde y el domo ombrotrófico está representada por un perímetro de turba minerogénica, en ocasiones con fases de turba flotante. Es característico que la composición de la vegetación cambie sustancialmente entre los bordes de la formación y el domo central, de especies más exigentes a menos exigentes en nutrientes. La secuencia estratigráfica comienza con sedimentos minerales en la base y habitualmente pasa de forma abrupta (en pocos centímetros) a turba minerotrófica, si bien esta última puede ser bastante heterogénea en cuanto al contenido en materia mineral (cenizas), fruto de los aportes procedentes de la cuenca. Hacia la superficie aparece una zona de transición hacia turba ombrotrófica a una profundidad variable. La turba ombrotrófica tiene una naturaleza geoquímica marcadamente diferente de la minerotrófica y suele estar compuesta por restos vegetales muy diferentes, producto del forzamiento inducido por el cambio en las condiciones geoquímicas.

4.3.1.2. 7110-2 Semiconfinadas

Se caracterizan *a)* por la ausencia de un domo simple y consistir en dos o más unidades parcialmente conectadas, o *b)* por haber superado los límites de su cuenca de confinamiento y ocupar las formas topográficas de borde. No cubren áreas extensas y tienden a desarrollar algunos de los rasgos característicos de las turberas de cobertor.

4.3.2. 7130 Turberas de cobertor

Formaciones de turba que cubren de manera continua grandes superficies de topografía variable, pero que están conectadas y comparten un nivel freático común. Sus rasgos típicos son: el paisaje está cubierto de turba, con algunas áreas aisladas o pasillos de suelos minerales y sectores que pueden presentar turba fuertemente degradada; el espesor de turba es variable, entre unos decímetros hasta algunos metros; la turba es ombrotrófica, se formó por paludificación y es de naturaleza ácida y oligotrófica; las formas del terreno determinan la morfología de las unidades a la escala de mesotopo; suelen contener una amplia presencia de rasgos de erosión.

4.3.2.1. 7130-1 De cumbre

Aparecen en zonas de cumbre o sobre crestas amplias a partir de las cuales el terreno se inclina en todas direcciones, es decir, no hay terreno de mayor elevación desde el cual el agua pueda drenar hacia la turbera y la única fuente es la precipitación atmosférica.

4.3.2.2. 7130-2 De ladera

Se encuentran en posiciones de ladera por lo que tienen un margen superior y otro inferior; en superficie el agua suele moverse con rapidez.

4.3.2.3. 7130-3 De escalón

Ocupan rellanos entre laderas; parte de la turbera tiene carácter de turbera de cumbre (el sector distal, más alejado de la ladera superior) y parte está influido por el drenaje de la ladera superior.

4.3.2.4. 7130-4 De collado

Ocupan depresiones entre dos laderas que se encuentran a una elevación mayor y pueden recibir aguas de escorrentía de las mismas en sus bordes. Dependiendo de la inclinación de las laderas laterales del collado, la turbera puede extenderse recubriéndolas, dando el aspecto de una silla de montar.

4.3.3. 7140 Mires de transición (Tremedales)

Son turberas minerotróficas y están representadas por unidades formadas por terrestización, así como por algunos tipos transicionales que por su escaso desarrollo espacial muestran una fuerte influencia de las aguas subterráneas o de escorrentía superficial.

4.3.3.1. 7140-1 Tremedales confinados

Son los tremedales ácidos típicos, que en la literatura anglosajona reciben el nombre de *fens*, y que ocupan depresiones del terreno (áreas endorreicas) cuya génesis puede haber ocurrido por alteración química (por ejemplo, alveolos de alteración granítica), por actividad glacial (sobreexcavación, obturación morrénica) o ser estructural (depresiones tectónicas).

4.3.3.2. 7140-2 Tremedales no confinados

Se corresponden con tipos de hábitat de turbera desarrollados sobre formas no endorreicas, en las cuales el agua es circulante. Ocupan posiciones de valle o de ladera.

Esta clasificación tiene como finalidad identificar los tipos centrales que presenta la amplia variedad de tipos de hábitat de turberas ácidas del estado español, por lo que no intenta ser exhaustiva al nivel más bajo de tipificación. Las formas del terreno concretas que albergan a las turberas de mesotopo (elevadas y tremedales) son susceptibles de ser utilizadas como un subnivel más de clasificación (de valle, de ladera, de depresión intramorrénica, de sobreexcavación glacial, etc.). Por otra parte, también se podrían definir tipos de hábitat transicionales entre los subtipos descritos, en particular entre algunos mesotopos de turberas de cobertor (por ejemplo, ladera) y tremedales, o entre los tremedales y las turberas elevadas. De hecho, las propias turberas elevadas son un buen ejemplo de evolución con cambios substanciales en las condiciones de formación: de un hábitat minerogénico a otro dominado por la naturaleza ombrotrofica. Por ello, determinar el grado de ombrotrofia de las superficies actuales y el espesor de turba al que afecta será clave para su identificación y correcta separación del grupo de los tremedales —aspecto cuya discusión se obvia habitualmente en las clasificaciones.



5. RED DE SEGUIMIENTO

5.1. ÁREA DE DISTRIBUCIÓN

Como se ha descrito en apartados anteriores, los ecosistemas de turberas ácidas del estado español se distribuyen por las regiones Atlántica y Mediterránea sobre una gran variedad de sustratos y de formas del relieve, aunque su distribución es más amplia en las áreas montañosas. De cualquier modo, es conveniente destacar que el inventario actual es susceptible de ser ampliado, ya que cabe la posibilidad de que en áreas de difícil acceso existan tipos de hábitat de turbera que actualmente no se han cartografiado o, al menos, tipificado correctamente. Debido a su naturaleza, dinámica natural y estado de conservación de las superficies actuales, resulta muy difícil la identificación unívoca de todos los tipos de hábitat de turbera a partir de métodos de teledetección. Surge, por tanto, la necesidad de desarrollar trabajos de campo pormenorizados, llevados a cabo por especialistas o personal adecuadamente formado, para determinar la extensión de los tipos de hábitat, la estructura vertical de los depósitos y la variación de los parámetros biogeoquímicos más relevantes para su caracterización, como única alternativa viable para disponer de un inventario ajustado a las futuras fases de ejecución de la normativa de la red Natura 2000 —muy en particular al estado de conservación, seguimiento y recuperación.

Desde el punto de vista de la protección, en nuestra opinión, la superficie de referencia que ha de ser preservada no debería ser inferior al 90% de la actualmente inventariada. No obstante, este criterio debe ser revisado para cada tipo y subtipo de hábitat de turbera, una vez que se haya completado el inventario adaptado a las tipologías específicas y a los determinantes que finalmente se impongan mediante el estudio de las bases ecológicas para su gestión.

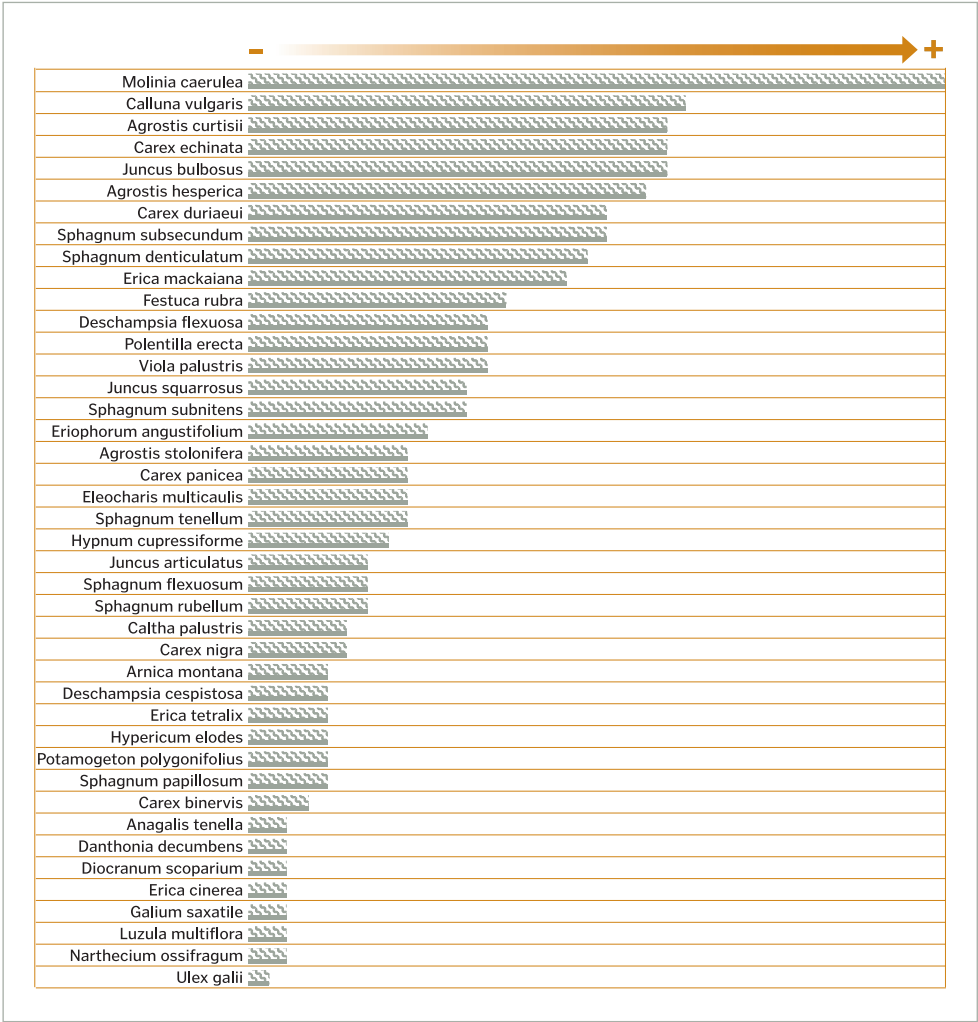
5.2. ESPECIES TÍPICAS

Ya se ha comentado en otros apartados que son las especies vegetales las más características de los ecosistemas de turbera, al ser éstas el sustrato a partir

del cual evoluciona la turba. Las comunidades que forman la vegetación de las turberas no tienen una estructura fija, ya que son conjuntos de especies que tienden a aparecer reunidas cada vez que se dan unas determinadas condiciones ecológicas. Las relaciones entre las plantas que constituyen estas comunidades parecen ser más el resultado de una coincidencia en el espacio y en el tiempo que de una interacción entre individuos (Fraga Vila *et al.*, 2001). Aunque los esfagnos son los componentes que con mayor frecuencia se relacionan con las turberas, este grupo no es el más abundante en la actualidad ni el único característico. El grupo dominante está formado por las plantas vasculares de las familias Poaceae, Cyperaceae y Juncaceae; pero también están presentes especies de Apiaceae, Asteraceae, Boraginaceae, Caryophyllaceae, Droseraceae, Ericaceae, Fabaceae, Lentibulariaceae, Liliaceae, Rosaceae o Scrophulariaceae. Los briófitos son el segundo grupo en importancia con un total de 51 especies determinadas (10 de ellas del género *Sphagnum*).

En la figura 5.1 hemos recogido las especies más frecuentes y abundantes determinadas en estudios de los tipos de hábitat de turberas del sector atlántico peninsular (Fraga Vila *et al.*, 2001). Hay especies ampliamente representadas en las turberas atlánticas, como *Molinia caerulea*, *Calluna vulgaris*, *Agrostis curtisii*, *A. hesperica*, *Carex echinata*, *C. duriaei*, *Juncus bulbosus*, *Erica mackaiana*, *Sphagnum subsecundum* y *S. denticulatum*. Otras especies son menos abundantes, como *Anagallis tenella*, *Danthonia decumbens*, *Dicranum scoparium*, *Erica cinerea*, *Galium saxatile*, *Luzula multiflora* o *Narthecium ossifragum*. No obstante esta generalización, algunas especies muestran preferencia por condiciones ambientales concretas (la presencia de la capa freática en superficie y el tiempo que dura el encharcamiento afectan notablemente a la composición florística). Así, entre los esfagnos, *Sphagnum subsecundum* y *S. denticulatum* prefieren las zonas encharcadas, mientras que *S. subnitens*, *S. rubellum* y *S. tenellum* prefieren las áreas más secas (los montículos). Igualmente, *Erica mackaiana* aparece con mayor frecuencia en las turberas oceánicas y con preferencia en las áreas con menos agua en superficie; o *Agrostis*

Figura 5.1
Especies vegetales
más frecuentes
y abundantes en
ecosistemas de
turberas ácidas.



curtisii y *A. hesperica* que también son características de las turberas oceánicas, pero sus preferencias por el agua superficial son algo menos marcadas.

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies típicas aportado por la Sociedad Herpetológica Española (AHE).

5.3. FACTORES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES

Las turberas ácidas son tipos de hábitat frágiles cuya estructura y funcionamiento dependen de la presencia de agua y bajos contenidos y flujos de nutrientes (condiciones nutricionales oligotróficas). Cualquier modificación que afecte a la dinámica hidrológica o al estado nutricional del tipo de hábi-

tat tendrá un impacto sobre la estructura física y geoquímica y, en consecuencia, sobre el funcionamiento del mismo. Las perturbaciones pueden ser causadas por impactos humanos directos o indirectos. La evaluación del estado de conservación implicará determinar si los parámetros físicoquímicos y biológicos que caracterizan a cada tipo de hábitat se encuentran dentro o alejados del rango natural; además se tendrán que evaluar los impactos sobre la atmósfera (importantes sobre todo en tipos de hábitat de turberas ombrotroficas) y sobre la cuenca de drenaje (en los tipos de hábitat de turberas minerotroficas).

Los daños producidos por una actividad inadecuada sobre las turberas, pero también en su entorno, inducen la pérdida de diversidad florística y faunística propia, la subsidencia, compactación y colapso

estructural de los horizontes superficiales, oxidación y mineralización de la materia orgánica, inestabilización y erosión de la turba y los materiales litogénicos subyacentes, cambios generalizados de los ciclos biogeoquímicos de distintos elementos y compuestos químicos, eutrofización, acidificación y contaminación de las aguas efluentes y de los ecosistemas dulceacuícolas, alteración del circuito y control hidrológico y, en último caso, la pérdida del registro ambiental histórico y prehistórico conservado en ellas.

Los diferentes tipos de actividades productivas que se desarrollan sobre las turberas tienen riesgos específicos y efectos diferentes sobre el ecosistema. En muchos casos, los mecanismos y los daños producidos por éstos son similares para distintos tipos de actividades, pero en cada una de ellas existe un agente predominante.

5.3.1. Efectos directos

Aquéllas que resultan de acciones sobre el propio tipo de hábitat de turbera.

5.3.1.1. Zanjas y drenajes

Tienen como consecuencia la pérdida de la continuidad de la capa freática (crítico en turberas de cobertor), el descenso de la misma, el aumento de la aireación y exposición de niveles de turba antes en condiciones anaerobias, la aceleración de la mineralización, la pérdida de masa, la subsidencia de la turbera (Armstrong & Watson, 1974) y un aumento de las emisiones de CO₂ hacia la atmósfera. Algunos estudios demuestran que los drenajes y zanjas continúan funcionando como fuentes de CO₂ muchos años después de ser abiertos. Este tipo de modificaciones también tienen repercusiones importantes sobre la dinámica hidrológica y la calidad de las aguas de los ríos (Holden *et al.*, 2006).

5.3.1.2. Sobrecarga ganadera

Compactación por pisoteo, amplias zonas de suelo desnudo, aceleración de la erosión activándose y reactivándose constantemente los frentes de erosión; excesivo aporte de nitrógeno, que tiene como consecuencia una perturbación de la estructura ver-

tical del depósito turboso y de la conductividad hidráulica de la turba y una alteración en el ciclo de los nutrientes (el N es, tal vez, el nutriente más limitante en las turberas ácidas) que puede resultar en modificaciones de las comunidades de microorganismos.

5.3.1.3. Transformación en pastizales y plantaciones forestales

La preparación de la turbera por drenaje, arado superficial y encalado desencadena una rápida sustitución de la vegetación. Las plantas propias de las turberas mueren o reducen mucho su capacidad competitiva y son sustituidas por otras especies más vigorosas. Por lo tanto, el efecto más inmediato de la reforestación es la degradación del potencial de diversidad biológica que mantienen las turberas. La incorporación masiva de nutrientes favorece la eutrofización local y, además, el drenaje realizado provoca la desecación y oxidación de la turba y acelera los procesos de acidificación de la turbera y de los cursos de agua colindantes.

5.3.1.4. Fertilización

Cambios en las condiciones de oligotrofia y acidez, que afectan tanto a las comunidades vegetales como a las de microorganismos.

5.3.1.5. Incendio

Degradación de la estructura vertical de la turbera, aumento de la emisión de compuestos orgánicos volátiles (tipo dioxinas, furanos, metilmercurio e incluso compuestos órgano-halogenados) (Mehrag & Killham, 2003). La utilización del fuego en turberas como herramienta agro-ganadera, además de cambios biogeoquímicos y florísticos, tiene como primera consecuencia una pseudoesterilización del sustrato y la aceleración de los procesos de erosión.

5.3.1.6. Extracción de turba

Además de la propia eliminación del sustrato, causa un drenaje intensivo del sistema y una contracción rápida y drástica de la turba con una reducción añadida de la turbera. La pérdida de potencia del depó-

sito turboso puede llegar a alcanzar algunos metros de espesor, mientras que el efecto puede observarse incluso a medio kilómetro de distancia de la zona de extracción. Se generan fuertes procesos de subsidencia que llevarán a la turbera a un agrietamiento y colapso generalizado. A partir de aquí, el desnivel de la superficie de la formación se incrementará paulatinamente y provocará un aumento de la descarga hídrica y un descenso del nivel freático. Simultáneamente, comienza a destruirse el acrotelmo y con él su cohorte florística, y como resultado la turbera pierde su capacidad de auto-perpetuación. Queda así expuesta a la acción del oxígeno atmosférico, permitiendo la entrada de bacterias aeróbicas capaces de descomponer, mineralizar y desestructurar la turba, empeñando las posibilidades de rehúmedecimiento y revegetación de la misma. Colateralmente, el drenaje causa la desecación de charcas y la eliminación de la flora y fauna asociada a estos microhábitat, y hace la turbera más susceptible al fuego.

5.3.2. Efectos indirectos

Aquéllos derivados de acciones humanas sobre otros sistemas y que son transferidos al tipo de hábitat de turbera.

5.3.2.1. Sobre la atmósfera

- *Contaminación atmosférica:* elevada deposición de N, S y metales pesados. Las elevadas tasas de deposición de N y S, consecuencia de la contaminación atmosférica, interfieren con la nutrición en K y P y producen cambios a nivel de comunidades vegetales en las turberas (Limpens *et al.*, 2004); también se ha encontrado que una elevada deposición de N perturba los mecanismos de acumulación de turba, dando lugar a un aumento en la acumulación de carbono (Bragazza, 2006). Por otro lado, la deposición de metales pesados puede llevar a la paralización de la formación de turba, si bien esto sólo se ha observado en hábitats muy próximos a focos puntuales de contaminación (fundiciones de Cu, Zn, Ni) y con elevadas cargas contaminantes (Ukonmaanaho *et al.*, 2006).
- *Cambio climático inducido:* aumento de la temperatura y modificaciones de la precipitación. Los efectos son difíciles de predecir, pero algunas investigaciones realizadas en zonas boreales (Canadá, Siberia)

sugieren que una proporción muy elevada de las turberas podrían verse severa a muy severamente afectadas por el cambio climático (Tarnocai, 2006); lo que conllevaría un aumento de la mineralización de la materia orgánica y la consiguiente transformación de los tipos de hábitat de turbera de sumideros a fuentes de gases de efecto invernadero; así como aumento de la exportación de carbono hacia las aguas continentales e incluso los océanos (Reynolds y Fenner, 2001). En España no se han llevado a cabo estudios para determinar los efectos pero, previsiblemente, el grado de afectación será menor que el que se estima para las áreas subpolares. Se puede especular que los tipos de hábitat más afectados serán los de turberas ombrotroficas (mas dependientes de la atmósfera) y los situados en la actualidad en zonas climáticas más frías y húmedas.

5.3.2.2. Sobre la cuenca de drenaje

- *Modificaciones del régimen hidrológico:* consecuencias sobre el aporte de agua a la turbera.
- *Contaminación de las aguas de escorrentía:* eutrofización y pérdida de la oligotrofia.
- *Erosión de los suelos:* aumento de la carga de partículas y de nutrientes, que resultan en modificaciones de la naturaleza de la turba y de la oligotrofia.
- *Contaminación de suelos:* transferencia de la contaminación al hábitat de turbera.
- *Fertilización de los suelos:* lavado de nutrientes hacia la turbera.
- *Deforestación y cambios de uso:* perturbación del ciclo hidrológico, aumento de la erosión de suelos.

5.4. ESTADO DE CONSERVACIÓN

5.4.1. Escalas de estudio y representación

La complejidad de los tipos de hábitat de turbera exige una caracterización a diversos niveles de organización (aproximación multinivel). Aspecto que es extensible al establecimiento del estado de conservación. En la tabla 5.1 hemos recogido los niveles de organización y las escalas a las que deben ser caracterizados y representados, identificados por diversos autores (Cowenberg & Joosten, 2005; Joosten, 2008; Masing, 2008). El nivel más bajo está representado por el de los componentes básicos de la turba (Nivel 0: restos vegetales, partículas minerales, agua de poro, microorganismos).

El Nivel 1 atañe a las nanoformas (planta individual, clon de musgo, agua libre, etc.). El Nivel 2, nanotopo, incluye asociaciones, esencialmente de componentes vegetales, que determinan formas características de la superficie de la turbera (montículos, depresiones, charcos, etc.). El Nivel 3, microtopo, se refiere a patrones repetitivos generados por los nanotopos (complejos montículo-depresión, patrón de charcos, etc.) que confieren organización espacial a la turbera. El Nivel 4, mesotopo, representa unidades de hábitat (turbera elevada, fase de turbera de collado en una turbera de cobertor, etc.). El Nivel 5, macrotopo, es un conjunto de mesotopos conectados hidrológicamente (turbera de cobertor). Y el Nivel 6, supertopo, se refiere a la zonación regional de los distintos tipos de meso y macrotopos.

El seguimiento del estado de conservación puede implicar a todas las escalas. No obstante, en el contexto del desarrollo de las *Bases Ecológicas*, la unidad es el tipo de hábitat, por lo que las escalas más implicadas irán desde las nanoformas a los mesotopos/macrotopos, dependiendo de los parámetros que se consideren. Por ejemplo, el estudio de la vegetación se realizará a escalas de nanoforma-microtopo, mientras que el seguimiento del área ocupada se determinará a escala de mesotopo-macrotopo.

5.4.2. Parámetros y metodología analítica

Es importante resaltar que la mayoría de los estudios sobre turberas cuyo objetivo es determinar su grado de conservación, se basan en criterios cualitativos. Por ejemplo, Joosten (2008) utiliza cri-

terios de “naturalidad” (basado en el grado de artificialidad) y “biodiversidad” (basados en el grado de diferencia). El grado de artificialidad se evalúa teniendo en cuenta cinco aspectos: 1) actividades humanas pasadas y presentes, 2) actividades humanas/uso actual, 3) cobertura vegetal actual, 4) perfil de turba y 5) acumulación actual de turba. De acuerdo con las posibles combinaciones de estos aspectos se establecen trece grupos (A0 a A12) de menor a mayor grado de artificialidad y, por tanto, de mayor a menor grado de naturalidad/conservación. En este documento hemos optado por emplear parámetros bióticos y abióticos relacionados con aspectos estructurales y funcionales de las turberas. Los valores que se dan para determinar el estado de conservación corresponden a tipos de hábitat de turberas que juzgamos se encuentran en un estado óptimo. No obstante, los tipos de hábitat caracterizados pueden no ser una referencia adecuada para todos los indicadores. Así pues, es necesario llevar a cabo estudios sistemáticos en lugares elegidos por su buen grado de conservación y que sean representativos de las regiones biogeográficas en las que hay tipos de hábitat de turbera del grupo 71; pero también en tipos de hábitat alejados del estado de conservación óptimo, para mejorar los límites que hemos definido para cada parámetro en cada tipo de hábitat.

En las tablas 5.2 y 5.3 se han recogido los parámetros que han de determinarse para establecer las condiciones de estado de conservación de las turberas ácidas. Como se puede ver, los parámetros se refieren tanto a propiedades de la turba y del agua de la turbera (factores intrínsecos, ver tabla 5.2)

Nivel	Denominación	Tamaño (m ²)	Ejemplo	Escala
0		<10 ⁻⁸	Tejido vegetal, partícula mineral	
1	Nanoforma	<10 ⁻²	Planta individual, clon de musgo, agua	1:10 - 1:100
2	Nanotopo	10 ⁻¹ - 10 ¹	Montículo, depresión, cresta, chaco	1:100 - 1:1.000
3	Microtopo	10 ² - 10 ⁴	Complejo montículo-depresión	1:1.000 - 1:10.000
4	Mesotopo	10 ⁵ - 10 ⁷	Turbera elevada, tremedal	1:10.000 - 1:100.000
5	Macrotopo	10 ⁷ - 10 ⁹	Turbera de cobertor	1:100.000 - 1:1.000.000
6	Supertopo	>10 ⁹	Zonación regional de turberas	1:1.000.000 - 1:10.000.000

Tabla 5.1

Niveles de organización, caracterización y representación. (Modificado de Cowenberg y Joosten, 1999).

como a las afecciones a la cuenca y los factores externos (ver tabla 5.3). En coherencia con esto y con la naturaleza y dinámica del agua, las tablas recogen una caracterización básica de cada parámetro. Esto incluye:

- *Tipo de parámetro:* métrico (m), semicuantitativo (sc) o cualitativo (c).

- *Significado:* estructural (e), funcional (f).
- *Grado de obligatoriedad:* obligatorio (o) u 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), en transecto (t), aleatorio (a).

FACTORES INTRÍNSECOS		Tipo de parámetro	Significado	Grado de obligatoriedad	Intervalo de medición	Tipo de muestreo	Unidades
Propiedades de la turba	Densidad de la turba	m	e	o	ba	p/t/a	g/cm ³
	Contenido en agua	m	f	o	ba	p/t/a	%
	Contenido en cenizas	m	e	o	ba	p/t/a	%
	Acidez	pH agua	m	f	o	e	p/t/a
		pH KCl	m	f	op	e	p/t/a
		pH CaCl ₂	m	f	op	e	p/t/a
	Contenidos totales	Carbono	m	e	o	a/ba	p/a
		Nitrógeno	m	e	o	a/ba	p/a
		Relación C/N	m	e	o	a/ba	p/a
		Azufre	m	e	o	a/ba	p/a
		Calcio	m	e	o	a/ba	p/a
		Potasio	m	e	o	a/ba	p/a
		Titanio	m	e	o	a/ba	p/a
		Zirconio	m	e	op	a/ba	p/a
	Complejo de intercambio	Saturación en Magnesio	m	f	op	a/ba	p/a
		Saturación en Aluminio	m	f	op	a/ba	p/a
		Relación Ca/Mg	m	f	op	a/ba	p/a
Propiedades del agua	Carbono orgánico total	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Acidez-pH	m	f	o	e	p/a	
	Conductividad eléctrica	m	f	o	e	p/a	mS/cm
	Sulfato	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Nitrato	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Fosfato	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Calcio	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Magnesio	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Sodio	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Potasio	m	f	o	e	p/a	mg/l
	Amonio	m	f	o	e	p/a	mg/l
Propiedades biológicas		Microorg. bioindicadores	m	fe	op	ba/o	p/a

Tabla 5.2
Factores intrínsecos.

FACTORES EXTRÍNSECOS			Tipo de parámetro	Significado	Grado de obligatoriedad	Intervalo de medición	Tipo de muestreo	Unidades
Efectos directos	Drenaje artificial		sc	e/f	o	a		
	Carga ganadera		c	f	o	a		
	Transf. vegetación		sc/m					
	Fertilización		c	e/f	o	a		
	Incendios		c	e/f	o	a		
Efectos indirectos	Sobre atmósfera	Contaminación atmosférica	Nitrógeno	m	f	op	a	g/año · m ²
			Azufre	m	f	op	a	
			Metales	m	f	op	a	
		Cambio climático inducido						
	Sobre la cuenca	Modif. reg. hidrológico		sc	e/f	o	a/ba	
		Contam. aguas superficiales		m	e/f	o	a/ba	
		Erosión de suelos		sc	e/f	o	a	
		Contam. de suelos		sc	e/f	o	a	
		Fertilización de suelos		c	e/f	o	a	
		Deforestación y cambio de uso		c	e	o	a	

Tabla 5.3

Factores extrínsecos.

5.5. METODOLOGÍA

5.5.1. Propiedades de la turba

Propiedades físicas

- **Densidad de la turba:** la densidad del suelo es la relación de la masa al volumen de un suelo en su estado natural, es decir, el volumen que ocupan las partículas y los poros con su estructura intacta, expresado en g cm⁻³. Este método se basa en la pérdida de peso por desecación de la muestra. Se calcula a partir del peso a 105°C (*a*) de un volumen conocido (*v*) de muestra fresca, siempre que ésta mantenga intacta su estructura interna: $p = a/v$ (ver Lynn *et al.*, 1974; Hillel, 1982; Guerrero, 1987; Pontevedra-Pombal, 2002).
- **Densidad de los sólidos:** la densidad de los sólidos o de partícula corresponde a los componentes de la fase sólida del suelo, es decir, la relación de la masa de un suelo al volumen de las partículas; por lo que en su determinación no es necesario conservar la estructura del suelo sin perturbar. La densidad de partícula, que se expresa en g cm⁻³, se obtiene del peso de las partículas, y su volumen se calcula a partir de la masa y densidad del agua u otro

fluido que es desplazado por la muestra de suelo dentro de un picnómetro de volumen aforado: $pd = [(ms/\{ms + Ma\} - Mm)] \chi pw$, donde; *ps* = densidad de partículas sólidas, g cm⁻³; *ms* = masa seca de la muestra, g; *Ma* = masa del picnómetro más el agua, g; *Mm* = masa del picnómetro, más el agua, más la muestra saturada, g; *pw* = densidad del agua, g cm⁻³ (ver Blake & Hartge, 1986; López-Ritas & López-Melida, 1985).

- **Porosidad total:** esta propiedad corresponde con el volumen de espacios vacíos del suelo, y comprende la porosidad no capilar o macroporosidad (diámetro > 8 μm) y la porosidad capilar o microporosidad (diámetro < 8 μm); la suma de ambas se denomina porosidad total (*Po*): $Po = [(ps - p)/ps] \chi 100$ (ver Guitián & Carballas, 1976; Hillel, 1982).
- **Contenido en agua:** el contenido en agua en peso y volumen se calcula con la muestra a capacidad de campo, por una relación del peso o del volumen a diferentes temperaturas y un volumen inicial conocido: $CA = (a - b/b) \chi 100$, en peso, $CA = (a - b/v) \chi 100$, en volumen, donde; *a*, es el peso en húmedo de la muestra, *b*, el peso seco a 105°C, y *v*, el volumen inicial predesecación

(ver Lynn *et al.*, 1974; Pontevedra-Pombal, 2002).

- **Contenido en cenizas:** se determina por incineración entre 550-600°C durante seis horas en mufla y se expresa en porcentaje del total de muestra analizada según la relación: $Cenz = (a/b) \times 100$, donde; *a*, es el peso de la muestra una vez incinerada, y *b*, es el peso de la muestra seca a 105°C (ver Andrejko *et al.*, 1983; Clymo, 1987; Pontevedra-Pombal, 2002).

Propiedades químicas

Acidez

- **pH en agua:** se determina empleando una relación suelo:disolución en volumen (vol/vol) que dependerá de la densidad de la muestra, de tal forma que, el valor de peso de muestra final y el volumen de disolución empleada sea similar al de la metodología estándar, que establece una relación suelo (peso):disolución (volumen) de 1:2,5. Se recomienda que la manipulación de las muestras de turba se efectúe siempre con la muestra en húmedo, ya que su secado puede provocar una modificación sustancial de su actividad y propiedades químicas reales (Pontevedra-Pombal, 2002; Richardson *et al.*, 1978).
- **pH en KCl:** se determina en una disolución de KCl 0,1N con una relación suelo:disolución en volumen (vol/vol) que dependerá de la densidad de la muestra, de tal forma que el valor de peso de muestra final y el volumen de disolución empleada sea similar al de la metodología estándar, que establece una relación suelo (peso):disolución (volumen) de 1:2,5 (ver Guitián & Carballas, 1976).
- **pH CaCl₂:** se determina en una disolución de CaCl₂ 0,015M con una relación suelo:disolución en volumen 1:1,6 (2,5 cm³ de muestra a 4 ml de disolución). Este parámetro es utilizado en la *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 1990) para identificar las clases de reacción en los suelos orgánicos (ver Lynn *et al.*, 1974; Von Lierop, 1981).

Contenido elemental total

- **Carbono:** se determina sobre muestra seca y finamente molida. El C total se obtiene por combustión completa a 950°C y flujo de O₂ en un autoanaliza-

dor elemental. Su porcentaje se establece a partir de la cantidad de CO₂ liberado durante la combustión y detectado por absorción en banda de infrarrojos y conductividad térmica, con unos rangos de medida de 0,01 a 100%. Método alternativo: se determina el porcentaje de C total por oxidación con dicromato potásico (Cr₂O₇K₂ 1,8N) y ácido sulfúrico (SO₄H₂) mediante la técnica de Sauerlant modificada, de modo que a mayor contenido en carbono mayor cantidad de oxidante consumido, que se conocerá por medio de una valoración con Sal de Mohr (sulfato ferroso amónico 0,1N) (ver Guitián & Carballas, 1976).

- **Nitrógeno:** se determina sobre muestra seca y finamente molida. El N total se obtiene por combustión completa a 950°C y flujo de O₂ en un autoanalizador elemental. Su porcentaje se establece a partir de la cantidad de N₂ liberado durante la combustión y detectado por absorción en banda de infrarrojos y conductividad térmica, con unos rangos de medida de 0,01 a 50%. Método alternativo (método Kjeldahl): Se realiza una hidrólisis ácida y destilación de la materia orgánica del suelo transformando el N en sales amónicas. Posteriormente el N se transforma en amoníaco que es valorado con un ácido (ver López-Ritas & López-Melida, 1985).
- **Relación C/N:** el valor de la relación C/N en el suelo es un índice del grado de descomposición de la materia orgánica; siendo *a priori* esta evolución mayor cuanto menor es el índice.
- **Azufre:** se determina sobre muestra seca y finamente molida. El S total se fija por combustión completa a 1.350°C y flujo de O₂ en un autoanalizador elemental, con sistema de rango dual y detección por infrarrojos de la concentración del SO₂ producido durante el proceso. El rango de medida para el S oscila de 0,005 a 26%.
- **Calcio, potasio, titanio, zirconio, fósforo:** por Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X de energía dispersiva (EMMA-XRF), técnica no destructiva en la que el contenido elemental total se mide en muestra seca a 105°C, molida y homogeneizada mediante un analizador de fluorescencia de rayos X multielemental EMMA—Energy-dispersive Miniprobe Multielement Analyzer. Se hace incidir una emisión de rayos X de alta intensidad sobre la muestra y las reemisiones de rayos X detectadas son específicas

para ciertos elementos químicos, y se plasma en forma de picos respecto a la línea base para cada elemento específico, con un área determinada de tamaño proporcional a la cantidad presente de este elemento. La sensibilidad analítica depende del volumen y naturaleza de la muestra, y los límites de detección van desde cientos de ppm de K hasta 0,5 ppm de Zr (ver Cheburkin & Shotyky, 1996).

Método alternativo: por digestión ácida; se ataca y disuelve totalmente la muestra empleando una combinación triácida de $\text{HNO}_3/\text{H}_2\text{SO}_4/\text{HF}$ en atmósfera controlada de microondas analítico o en un digestor. Alternativamente se puede eliminar previamente la materia orgánica por combustión en mufla. La concentración de Ca, K, Ti y Zr se determina por espectrometría atómica de llama o por ICP (*inductively coupled plasma*) (ver Glooschenko *et al.*, 1980; Papp & Harms, 1985).

La concentración de P se determina por espectrofotometría con 470 nm empleando el método de Amarillo de Vanadato-Molibdato (ver Chapman, 1986).

Complejo de intercambio catiónico

- *Capacidad de intercambio catiónico efectiva*: la arcilla y la materia orgánica del suelo están cargadas negativamente y son capaces de adsorber cationes de la disolución del suelo. Estos cationes adsorbidos se denominan cationes de intercambio ya que pueden ser cuantitativamente reemplazados por otros, sin destruir los coloides del suelo. La cantidad de cationes intercambiables que un suelo es capaz de adsorber recibe el nombre de capacidad de intercambio catiónico (CIC), se expresa en $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$. La CIC total se determina por el método de Acetato Amónico a pH 7, pero en suelos de turbera sólo tiene un valor comparativo, ya que el método recrea unas condiciones muy diferentes a las de estos suelos. La determinación de la CIC en las condiciones del suelo se denomina capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICe), se lleva a cabo a pH del suelo, y se obtiene de la suma de los cationes de intercambio (K, Ca, Mg, Na, Al, Fe, Mn) y de la acidez valorable. Para extraer los cationes básicos de intercambio (K^+ , Na^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+) se emplea el método de NH_4Cl 1M propuesto por Peech *et al.* (1947), con un tiempo de equilibrio de 12 horas a pH del suelo, utilizando el ión NH_4^+ como catión desplazante. Los cationes ácidos (Al_3^+ , Fe_2^+ , Mn_2^+) se extraen en una disolución de KCl 1M (Pratt & Bair, 1961; Lin y Coleman, 1967). La concentración de todos los cationes se determina en un espectrómetro atómico de llama. En los extractos en KCl 1M con valor de pH inferior a 4 se mide la concentración de H^+ de intercambio por medio de una valoración con NaOH 0,005 N hasta pH 4, utilizando un valorador/titulador automático. En el cálculo de la CICe se utilizan los valores obtenidos en NH_4Cl para K^+ , Na^+ , Ca_2^+ , Mg_2^+ y los obtenidos en KCl para Al_3^+ , Fe_2^+ , Mn_2^+ y H^+ como indican Gillman & Sumpter (1985). Nuevamente, se aconseja que la manipulación de las muestras de turba se haga con la muestra en húmedo ya que su secado puede provocar un incremento artificial de la capacidad de intercambio catiónico y una modificación de la actividad química (Richardson *et al.*, 1978) (ver Pontevedra-Pombal, 2002).
- *Suma de bases*: la suma de bases (SB) es el (Ca, Mg, Na, K) extraídos durante la determinación de la CICe y se expresa en $\text{cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$.
- *Saturación en Magnesio*: la saturación en Mg (sMg) del complejo de intercambio expresada en tanto por ciento de la capacidad de intercambio catiónico efectiva total, se calcula a partir de los valores de este catión en la disolución de NH_4Cl .
- *Saturación en Aluminio*: la saturación en Al (sAl) del complejo de intercambio (sAl), expresada en tanto por ciento de la capacidad de intercambio catiónico efectiva total, se calcula a partir de los valores de este catión en la disolución de KCl.
- *Relación Ca:Mg*: es un índice del grado de ombrotrofia en las turberas, observándose un proceso de detrimento en Ca y ganancia en Mg durante la evolución de las turberas minerogénicas a ombrotroficas. Las turbas de alimentación atmosférica muestran una relación Ca/Mg entre 15 y 20 veces más pequeñas que las de nutrición edáfica, y la magnitud de estas relaciones está muy relacionada con el origen de estos elementos. Ahora bien, en las turberas ombrotroficas continentales la relación Ca/Mg no suele ser menor de 1, debido a que la aportación de Mg oceánico es escaso, y es esta fuente la que produce las bajas relaciones de las turberas ombrotroficas oceánicas (ver Shotyky, 1996; Pontevedra-Pombal, 2002).

5.5.2. Propiedades del agua de la turbera

Todas las disoluciones acuosas deben ser filtradas con un filtro de poro 0,45 μm antes de cualquier determinación.

- *Carbono orgánico total*: se determina por diferencia entre el carbono total y el carbono inorgánico. Para la determinación de ambos se utiliza un analizador de carbono, y la medida se realiza a partir de la combustión de un volumen de muestra en un horno a 680°C, en el que mediante la presencia de un catalizador oxidante se activa la reacción para simular temperaturas superiores a los 1.000°C. Esta combustión transforma toda la materia carbonizable en CO_2 , el cual es cuantificado por un detector de rayos infrarrojos (NDIR). En el caso del carbono inorgánico, la muestra se introduce previamente en ácido fosfórico.
- *Potencial redox (Eh)*: para la medida del potencial redox (Eh) se utiliza un electrodo de platino con referencia Ag/AgCl y puente salino de KCl 1M. Se expresa en mV.
- *pH*: para la medida de pH se utiliza un pH-metro con un electrodo combinado de pH Ingold y una sonda CAT (Compensación automática de Temperatura). El pH-metro se calibra diariamente con disoluciones tampón de pH 2, 4 y 7.
- *Conductividad eléctrica*: se realiza una medida de los iones en disolución con un potenciómetro o conductímetro calibrado con una disolución de ClK 0,01 N, con una conductividad de 1.413 $\mu\text{S cm}^{-1}$. Se expresa en $\mu\text{S cm}^{-1}$.
- *Análisis de aniones (Cloruro, Cl^- ; Sulfato, SO_4^{2-} ; Nitrato, NO_3^-)*: en la determinación de los aniones se utiliza una técnica cromatográfica de tipo HPIC (Cromatografía Iónica de Alta Resolución) con detección electroquímica. Esta técnica separa los aniones a través de un proceso físico. La muestra se inyecta en una corriente de eluyente o fase móvil, constituida por un tampón carbonato-bicarbonato, y se hace pasar por una resina de intercambio iónico o columna cromatográfica. En función del tiempo de retención en las distintas fases se identifica el tipo de anión y la cuantificación se realiza por conductimetría.

Método alternativo:

- *Cloruros*: se emplea un método argentométrico, concretamente el método de Mohr. Consiste en

añadir a la muestra problema una disolución valorante de AgNO_3 y una disolución indicadora de K_2CrO_4 . Los Cl^- precipitan con el ión Ag^+ formando un compuesto muy insoluble, de color blanco. Cuando todo el producto ha precipitado, se forma el cromato de plata, de color rojo ladrillo, que es menos insoluble que el anterior y nos señala el fin de la valoración (APHA, 1985).

- *Sulfatos*: se determina con un método turbidométrico-espectrofotométrico. El ión sulfato (SO_4^{2-}) precipita en un medio de ácido acético con cloruro de bario (BaCl_2) de modo que forma cristales de sulfato de bario (BaSO_4) de tamaño uniforme. Se mide la absorbancia luminosa de la suspensión de BaSO_4 con un fotómetro y se determina la concentración de SO_4^{2-} por comparación de la lectura con una curva patrón (APHA, 1985).
- *Fosfato*: el fósforo se encuentra en las aguas naturales casi exclusivamente en forma de fosfatos, polifosfatos y ligados orgánicamente. Se presentan en solución, partículas o detritus, o en los cuerpos de organismos acuáticos. Se va a determinar el fósforo reactivo total, que es una medida del ortofosfato disuelto y en suspensión. Para ello se parte de una muestra no filtrada por membrana y se realiza un método colorimétrico directo, concretamente el del ácido vanadomolibdofosfórico. Consiste en que en una disolución diluida de ortofosfato, el molibdato amónico reacciona en condiciones ácidas para formar un heteropolíácido, el ácido molibdofosfórico. En presencia de vanadio, se forma ácido vanadomolibdofosfórico de color amarillo, siendo la intensidad del color proporcional a la concentración de fosfato. Esta intensidad de color se determina en un espectrofotómetro para uso de 400 a 490 nm. La longitud de onda a la que se mide la intensidad de color dependerá de la sensibilidad deseada (APHA, 1985). Método alternativo: la determinación de PO_4^{3-} se realiza por espectrofotometría con reducción por ácido ascórbico según la norma ASTM D515-82 (1986).
- *Amonio*: el reactivo de Nessler, en presencia de iones amoníaco, se descompone formando yoduro de dimercuriamonio que permite la determinación colorimétrica de los iones amonios. Si el color es amarillo indica que el contenido en amoníaco es inferior a 5 mg/l; el color pardo-rojizo es indicador de un contenido en amoníaco mayor de 5 mg/l (APHA, 1985).

- *Análisis de cationes (Calcio, Ca; Potasio, K; Magnesio, Mg; Sodio, Na; Hierro, Fe):* estos cationes se cuantifican utilizando técnicas de espectrometría atómica de llama o con cámara de grafito, y espectrometría de emisión mediante plasma inducido por acoplamiento (ICP) (APHA, 1985).
- *Método alternativo:* Calcio: la concentración de calcio en el agua de la turbera puede variar desde cero hasta varios cientos de mg/l, dependiendo de su origen. La determinación de Ca por este método tiene un límite inferior de detección de 2 a 5 mg l-l como CaCO_3 . Cuando se añade a una muestra de agua, ácido etilendiaminotetracético (EDTA) o su sal, los iones de Calcio y Magnesio que contiene el agua se combinan con el EDTA.

La muestra es tratada con NaOH 4N para obtener un pH de entre 12 y 13, lo que produce la precipitación del magnesio en forma de $\text{Mg}(\text{OH})_2$, se agrega el indicador muréxida que forma un complejo de color rosa con el ion calcio y se procede a titular con solución de EDTA hasta la aparición de un complejo color púrpura (ver ASTM, 1994; APHA, 1995). Hierro: el agua se hace reaccionar con una disolución de dipiridilo, formando un complejo coloreado rosa, que se mide por espectrofotometría a una longitud de onda de 522 nm. El método determina el Fe_2^+ presente en las muestras, de manera que previamente se reduce todo el Fe_3^+ a Fe_2^+ por medio de la adición de cloruro de hidroxilamina.



6. RECOMENDACIONES PARA CONSERVACIÓN

En la conservación de las turberas están implicadas una gran variedad de actividades, como su clasificación, inventariado, investigación, información educativa, acciones legislativas específicas y manejo medioambiental. Por lo tanto, es deseable que frente a la perspectiva de elaborar una estrategia de conservación para ecosistemas de turbera a nivel de macrotopo, se actúe con precaución, evitando generalizar propiedades o procesos más allá de lo que resulte nítidamente visible, siendo preciso identificar sus características específicas y el patrón común que comparten dentro de un supertopo de turberas en el que interaccionan y del que dependen. La clave esencial aunque no suficiente para la preservación de los ecosistemas de turbera es el mantenimiento o restauración de las conexiones hidrológicas entre las distintas unidades intra- e inter-turbera y con su entorno.

El International Mire Conservation Group (IMCG) propone tres aspectos básicos que se deben tener en cuenta para determinar la importancia de conservar un determinado tipo de hábitat de turbera (<http://www.imcg.net>; H. Joosten, Identifying Peatlands of International Biodiversity Importance):

Importancia internacional: aquellos lugares

- Incluidos en el listado de sitios Ramsar.
- Que cumplan los criterios Ramsar.
- Incluidos en el World Heritage Sites.
- Que contengan especies de los apéndices I y II de CITES.
- Que contengan especies de los apéndices I y II de la Convención de Bonn.
- Que contengan especies de los apéndices I y II de la Convención de Berna.
- Que contengan especies de los anexos I y II de las Áreas de Especial Protección de la Directiva de Aves.
- Que contengan un taxón incluido en la Lista Roja de la IUCN.

- Que pertenezcan a la Red Europea de Recursos Biogenéticos (European Network of Biogenetic Resources).
- Que tengan el Diploma Europeo de Áreas Protegidas (European Diploma of Protected Areas).
- Incluidos en las Áreas de Especial Conservación de la Directiva de Hábitats.

Extensión, número y ubicación de las áreas de conservación

- La preservación a largo plazo de fenómenos valiosos de las turberas requiere la protección de toda la turbera (área mínima crítica para que se expresen en su totalidad).
- Cuando sea posible, se deben incluir cuencas completas.
- La conservación de elementos o tipos de turberas a perpetuidad requiere la protección de más de un lugar característico.
- Sólo pueden conservarse poblaciones si las áreas favorables son suficientemente grandes o forman una red suficientemente densa.

Criterios económicos y estratégicos

- Debe prestarse atención a la conservación de sistemas no amenazados.
- Las reservas han de poder ser conservadas y manejadas de forma eficaz.
- Los valores científicos y educativos pueden apoyar la selección.
- La importancia cultural, recreativa y el uso sostenible pueden apoyar la selección.

6.1. EVALUACIÓN PREVIA

De lo descrito hasta aquí se deduce que no es posible plantear la conservación o recuperación de un ecosistema de turbera sin conocer la situación pre-

via de sus parámetros funcionales. Esto es, sus condiciones hidrológicas, químicas y biológicas. La conservación no sólo es necesaria por motivos científicos o ecológicos, sino que también depende de aspectos diversos como su grado de representatividad (ver tabla 6.1).

6.1.1. Priorización

La priorización de los lugares a restaurar, asumiendo la adecuada capacidad de recursos y personas, ha de establecerse en función de un conjunto de factores favorables y desfavorables (ver tabla 6.2).

Conservación necesaria por:	Información científica Equilibrio ecológico Valores estéticos (paisajes) Valores éticos (responsabilidades futuras) Efectos económicos
Conservación dependiente de:	Condiciones de naturalidad Potencialidad de las amenazas Diversidad Variedad Integridad Representatividad
Conservación controlada por:	Hidrología Química Biología

Tabla 6.1
Parámetros. Criterios para la conservación de las turberas.

Tipo de factor	Factor	Favorable	Desfavorable
Ecosistema	Información previa	Mucha	Ausente
	Tiempo desde el abandono	Corto	Largo
	Estructura	Simple	Compleja con patrones marcados
	Estabilidad del sustrato	Topografía plana	Topografía pendiente
		Congelación ausente	Congelación severa
		Alteración superficial reciente	Costras de alteración superficial antiguas e hidrofóbicas
	Vegetación remanente	Presente	Ausente
	Banco de semillas	Presente	Ausente
	Biodiversidad	Baja	Alta
Medio	Endemismos/rarezas	Ausente	Presente
	Clima	Estable y húmedo	Fuertemente cíclico y seco
	Hidrología	Siempre	Compleja
	Conectividad interturberas	Presente	Ausente
	Distancia a fuentes de propágulos	Escasa	Elevada
	Química entrante	Poca alteración antrópica	Modificación antrópica intensa
	Presencia de especies invasoras	Ausente	Alta
Sociedad/ Industria	Planes de desarrollo	2-5 años	<1 año
	Leyes ambientales	Fuertes	Débiles
	Asociaciones ambientalistas	Fuertes	Débiles
	Investigación administración/industria	Estable e intensa	Inexistentes

Tabla 6.2
Factores que dificultan o favorecen la restauración de turberas.

Cualquier diseño de recomendaciones concretas y estrategias de actuación, fundamentadas en características ecológicas y biogeográficas, ha de basarse en una evaluación previa del ecosistema a la escala espacial más amplia. También ha de recoger las medidas reparadoras adecuadas para recuperar su actividad, su dinámica y sus procesos biológicos. Los objetivos o metas han de ser:

- Conservar, reforzar o restablecer la continuidad espacial, imprescindible para que exista:
- Intercambio genético y mantenimiento de la biodiversidad de flora y fauna.
- Protección de la funcionalidad como verdaderos corredores biológicos a lo largo de la Península Ibérica.
- Mantenimiento del control hidrológico de ríos y arroyos y preservación de la calidad de las aguas superficiales.
- Conservación de su capacidad para los estudios científicos en el ámbito biológico y paleoambiental (recurso paleoambiental y arqueológico no renovable).
- Restaurar el sistema de turbera activa (recuperar el acrotelmo por rehidratación, elevando el nivel freático, y facilitando la colonización de agentes turfógenos).
- Mantener la presencia de los elementos biológicos más valiosos.
- Aumentar el conocimiento.
- Difusión y divulgación.

6.2. DELIMITACIÓN DE ÁREAS DE PROTECCIÓN Y ESPECIAL SENSIBILIDAD

A la vista de la legislación local, autonómica, estatal y europea y de los convenios internacionales, un paso coherente es el establecimiento de áreas de especial protección para las turberas de España al amparo de los siguientes aspectos ecológicos y socio-económicos. La singularidad, la continuidad espacial de algunos de sus espacios, el beneficio obvio para el mantenimiento e incremento de la biodiversidad de flora y fauna endémica, restringida y en peligro de extinción, su íntima relación con el control hidrológico del territorio y de la preservación de la calidad de las aguas superficiales, y la implementación del interés científico que produciría la gestión de conservación de estos ecosistemas en el conjunto del territorio del Estado.

En estas áreas de especial protección se establecería un área de conservación estricta que ocuparían los subsistemas ecológicos más sensibles y/o relevantes dentro de un megatopo de turberas de un territorio. Por ejemplo, esta área estaría formada por las turberas de cobertor (*blanket bog*) del Complejo de Turberas de la Serra do Xistral (Galicia), una orla de turberas de transición, tremedales y turberas minerotróficas que formarían un cinturón de protección, la cuenca alta de los ríos y arroyos asociados a estas turberas y su divisoria de aguas. En esta área se podrían mantener actividades de uso tradicionales que no mermen la extensión y las cualidades de los espacios previamente incluidos en el área de conservación estricta. La segunda unidad sería una zona de uso gestionado y restringido constituida por turberas y terrenos turbófilos fragmentados del territorio de restricción máxima y que funcionan como reservorios de biodiversidad, así como los sectores de turbera alterados. El mantenimiento de estos refugios de biodiversidad implica la necesidad de restringir las actividades antrópicas a las actuales, a las de tipo tradicional y/o a aquéllas que impliquen un beneficio en la calidad ambiental de la zona. La tercera unidad sería la zona de tamponamiento, que funciona como una franja de protección perimetral, formada por los suelos naturales, los cauces de agua superficiales, las formaciones vegetales naturales y los ecotonos entorno al área de especial protección, y cuya extensión dependerá de los condicionantes geomorfológicos al flujo de materia y energía del área. La creación de este tipo de áreas de especial protección debería estar acompañada de la construcción de una red de espacios de propiedad o gestión pública, o de políticas de incentivado a la compra por parte de organizaciones privadas sin ánimo de lucro dedicadas a actividades de defensa del medio natural. Esta red estaría constituida por enclaves de tipos de hábitat de turbera singulares en términos ambientales, culturales, paisajísticos y/o científicos.

6.3. ACCIONES EN LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN

Estas acciones han de estar precedidas por la formulación de un plan claramente definido que permita optimizar el proceso de selección de las opciones para la restauración. Esto requiere la obtención de alguna información acerca de:

- Características físicas, químicas y biológicas.
- Calidad de las aguas e hidrología.
- Limitaciones legales y presupuestarias.

6.3.1. Aspectos normativos

Ante todo, y antes de cualquier proyecto de conservación o recuperación de turberas, es necesario garantizar el cumplimiento escrupuloso del marco legislativo vigente en lo referente a los humedales, así como implementar y cumplir los compromisos internacionales adquiridos sobre humedales, como por ejemplo el *Convenio de Humedales de Importancia Internacional* o *Convenio Ramsar*.

- Inclusión de los ecosistemas de turberas de España dentro de los planes de implementación de la legislación ambiental de protección de zonas húmedas a nivel local, autonómico, estatal e internacional (hay 49 lugares Ramsar españoles, con un total de 173.126 ha. De ellos, sólo 1, Prat de Cabanes, lo ha sido por sus ecosistemas de turbera).
- Revisión del estado de las poblaciones vegetales asociadas a turberas para su inclusión en los catálogos de especies amenazadas de la fauna y flora silvestre.
- Establecimiento de criterios normativos y legislativos de prevalencia de estos ecosistemas respecto a actividades antrópicas con fuertes modificaciones ambientales.
- Planes de gestión propios para los ecosistemas de turbera a escala de macrotopo (carga ganadera, aprovechamiento de aguas, extracción de elementos naturales de fauna y flora, etc.).

6.3.2. Aspectos evaluativos

- Levantamiento topográfico detallado de los complejos de turbera, con un mapa que refleje la distribución de las comunidades vegetales superficiales, así como la localización exacta de las especies vegetales más interesantes, de cara a su seguimiento y monitorización.
- Estudio climático de las áreas de turbera más relevantes del territorio del Estado: medición de parámetros meteorológicos.
- Estudio hidrológico sobre la situación real y la variación de la capa freática en la turbera.
- Estudios de recuperación de especies desaparecidas o a punto de hacerlo.

- Estudios sobre la fauna, con especial atención en la presencia de los anfibios, reptiles e invertebrados.
- Estudios paleoambientales.

6.3.3. Aspectos técnicos

En las turberas con distinto grado de alteración o degradación, las estrategias de acción y los protocolos técnicos han de enfocarse a activar inmediatamente los procesos de:

- Re-humectación: fase a corto plazo.
- Re-naturalización: fase a medio plazo.
- Re-emplazamiento de la turba: fase a largo plazo.

Estas acciones han de ir acompañadas necesariamente de mecanismos y actividades de difusión y divulgación, que permitan la vinculación y re-educación ambiental de la población. No es posible universalizar una guía metodológica para la restauración de turberas. Las metodologías aplicadas para la restauración y/o conservación de los ecosistemas de turbera dependerán del trinomio que se establece entre:

- Tipología de la turbera a diferentes escalas.
- Naturaleza del impacto.
- Grado de degradación inicial: reparar o reconstruir.

Junto a esto, habrá que tener en cuenta los objetivos de restauración y conservación, y el contexto ambiental y socioeconómico local. Sin embargo, se pueden identificar algunos principios y manejos fundamentales:

6.3.3.1. Re-establecimiento del balance hídrico

Todos los estudios establecen claramente que es la consecución del restablecimiento del balance hídrico la clave para el éxito de un plan de restauración de turberas.

6.3.3.2. Re-colonización vegetal

Los factores fundamentales que influyen en el tipo de recolonización natural de áreas desnudas son:

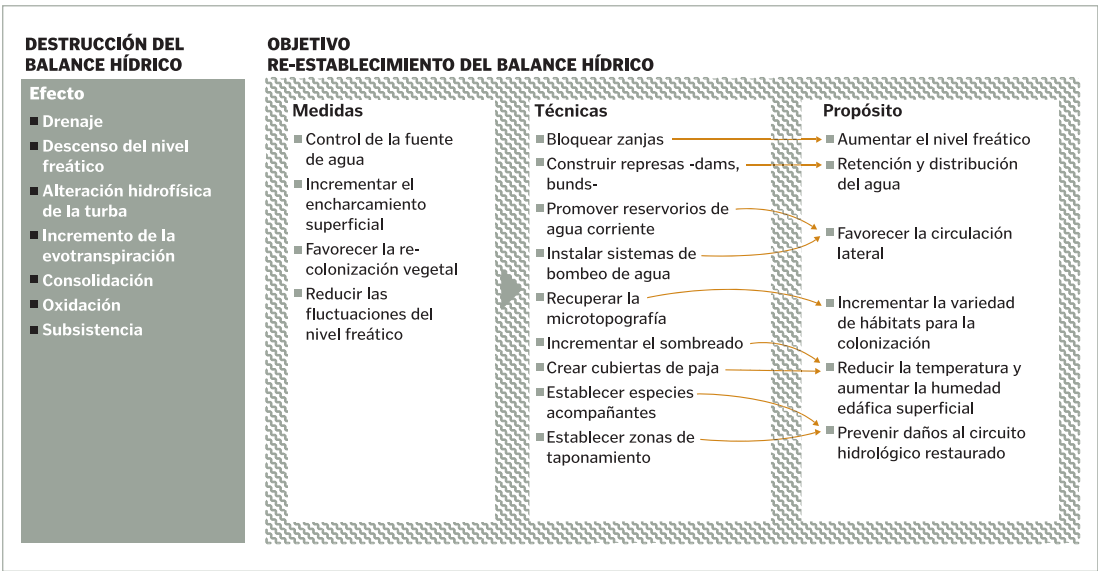


Figura 6.1
Restablecimiento del balance hídrico.

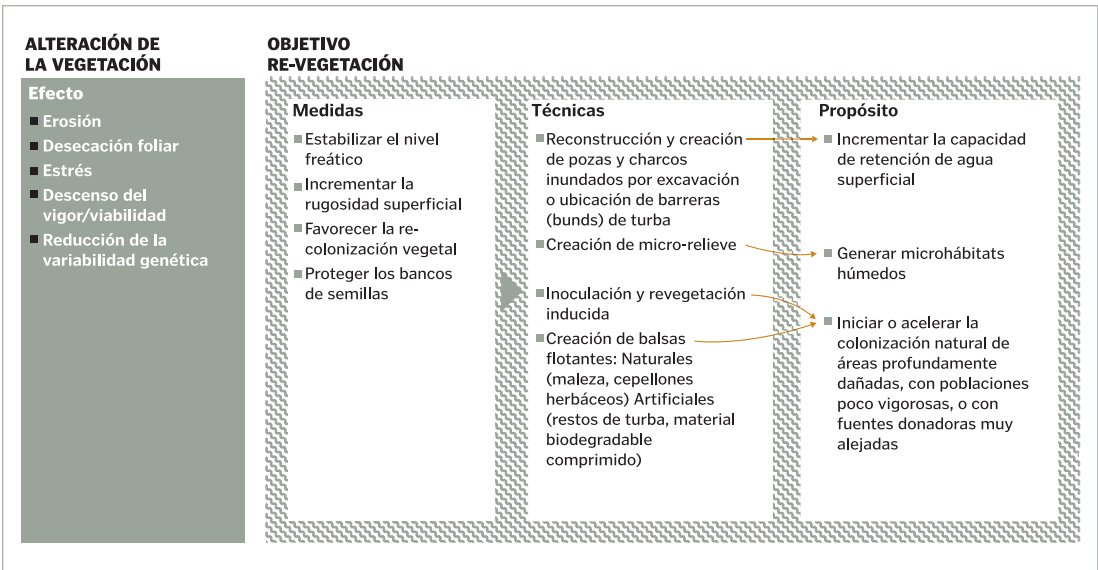


Figura 6.2
Recuperación de la cubierta vegetal.

- Extensión y profundidad del impacto de la actividad.
 - Tipo de explotación o actividad.
 - Espesor y tipo de turba remanente.
 - Grado de distorsión hidrológica.
 - Presencia de vegetación remanente.
 - Características de la vegetación original.
 - Características y distancia de/a la vegetación circundante.
 - Duración del período entre el abandono del uso y el inicio de la restauración.
- 6.3.3.3. Re-naturalización química**
- La eutrofización es una de las alteraciones más importantes en los ecosistemas de turbera, en particular en las turberas minerogénicas, aunque también



Figura 6.3

Recuperación de las propiedades químicas.

en la ombrotróficas a través de la deposición atmosférica (lluvia ácida, contaminación, etc.).

6.4. ACCIONES QUE NO DEBEN REALIZARSE EN ÁREAS DE TURBERA

6.4.1. Áreas de turberas de cobertor, elevadas, tremadales y turberas de transición

- Pastoreo de ganado por encima de una densidad sostenible.
- Pastoreo de ganado que la semana anterior haya sido tratado con un pesticida que deje residuos persistentes en el estiércol.
- Introducción de ganado en áreas no pastoreadas.
- Adición de encalante.
- Adición de fertilizantes de cualquier clase.
- Creación de nuevas pistas o carreteras.
- Quema de la vegetación.
- Drenaje, relleno o arado.
- Ensemillado, plantación de árboles de especies introducidas.
- Eliminación de rocas.
- Corte de turba excepto en las zanjas ya abiertas; no se permitirá el corte de áreas no perturbadas.

- Extracción comercial de turba o musgos.
- Uso de pesticidas o herbicidas.
- Amontonamiento, quema o almacenamiento de cualquier tipo de material.
- Alteración de los cortes naturales, lechos y flujo de los cursos de agua.
- Operación de infraestructuras comerciales de recreo.
- Introducción de plantas o animales que no se encuentran en el área.
- Cualquier otra actividad que haya de ser notificada a la Administración de tiempo en tiempo.
- Desarrollo de infraestructuras de esparcimiento.
- Explotación de suelo, lodo, grava, arena o minerales.
- Construcción de carreteras o aparcamientos.
- Construcción de cierres, edificios o terraplenes.
- Repoblación forestal.
- Construcción y operación de parques eólicos.

6.4.2. Áreas de tremadales y turberas de transición

- Adición de encalante a menos de 50 m de la turbera o de cualquier curso de agua que drene hacia ella.

- Adición de fertilizante de cualquier clase a menos de 50 m de la turbera o en un cauce que drene hacia ella.
- Corte de hierba antes de una fecha establecida.
- Drenaje, relleno o arado a menos de 50 m de la turbera.
- Ensemillado, plantación de árboles a menos de 50 m de la turbera.
- Uso de cualquier tipo de pesticida o herbicida a menos de 50 m de la turbera.
- Amontonamiento, quema o almacenamiento de cualquier tipo de material a menos de 50 m de la turbera.
- Alteración de los márgenes o del flujo de los cursos de agua dentro de la turbera o de los que drenan hacia ella.
- Recolección de cañas o mimbres.
- Cualquier otra actividad que pudiera provocar la contaminación de la turbera.



7. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

7.1. BIENES Y SERVICIOS

De entre todos los tipos de hábitat naturales pocos han generado tanta atención en los últimos tiempos como los hábitat de turbera, por sus valores biológicos, ecológicos y paisajísticos. Estos tipos de hábitat son indicadores ideales de la salud del medio natural y un importante referente en el desarrollo y efectividad de las acciones proteccionistas tomadas por la sociedad. Es por ello que se han prodigado los trabajos sobre los humedales a nivel mundial a fin de descifrar y comprender las interacciones entre su continente y su contenido. Para las turberas éstos se resumen en los ocho puntos programáticos asumidos, en la convención sobre humedales llevada a cabo en 1999 en San José (Costa Rica), por los miembros del convenio Ramsar: 1) Compresión global de la terminología. 2) Creación de una base de datos mundial. 3) Desarrollo de un programa mundial de seguimiento y concienciación del valor de las turberas. 4) Comprensión y uniformización de los conceptos de uso racional. 5) Utilización de instrumentos políticos y legislativos. 6) Establecimiento de directrices nacionales y regionales sobre el uso de las turberas. 7) Formación de redes y centros especializados en materia de investigación y cooperación en este tema. 8) Establecimiento de prioridades programáticas y de investigación.

Se percibe en esta declaración la necesidad de crear un consenso entre los diferentes sistemas de clasificación, en incrementar las bases de datos disponibles y en unificar los criterios de identificación y delimitación de las áreas de turbera. No se pueden obviar las particularidades históricas, económicas, sociales y científicas propias de los países que constituyen el continente europeo, que han generado un inevitable desequilibrio en el enfoque, esfuerzo y respaldo económico dirigido al estudio del medio físico y, muy en particular, al de humedales como las turberas. Lamentablemente, en Europa la extensión actual de los tipos de hábitat de turbera es sólo una pequeña fracción del área total que llegó a haber. Durante cientos de años, desde el Imperio Romano hasta finales del siglo XIX, la turba se cortó y secó para utilizarla como combustible o mate-

rial de construcción. En los últimos 150 años las turberas europeas han sido reducidas a focos residuales y fragmentos aislados, siendo Europa el continente que ha sufrido mayor pérdida en términos absolutos respecto a su extensión inicial. En países como Holanda, Alemania, Irlanda o Gran Bretaña, se ha estimado que la pérdida total alcanzaría el 90% de la superficie original. Además, el 60% de los tipos de hábitat de turbera remanentes ya no son capaces de formar turba y de éstos alrededor de un 20% ya no tiene posibilidades de recuperación.

Resulta, por lo tanto, casi una obviedad explicitar el reconocimiento internacional que hoy en día se tiene sobre el papel esencial que juegan los tipos de hábitat de turbera en la salud ambiental del planeta. Así se ha establecido en la *Guía para la Acción Global sobre Turberas* aprobada durante la reunión Ramsar COP8, celebrada en Valencia en 2002. Estos bienes y servicios prestados por los tipos de hábitat de turbera podrían resumirse en: 1) El papel en la calidad de las aguas y el control hidrológico. 2) La biodiversidad y equilibrio de las cadenas tróficas. 3) Su funcionamiento como sistemas implicados en el cambio climático global. 4) Son archivos de la evolución ambiental. 5) Herencia cultural. 6) Son elementos característicos del paisaje.

7.1.1. Calidad de las aguas y control hidrológico

El elevado contenido de materia orgánica coloidal, especialmente de sustancias húmicas, hace que las turberas tengan una elevada capacidad para fijar iones metálicos, nutrientes minerales e, incluso, compuestos sintéticos de diversa naturaleza. Ello aumenta su tiempo medio de residencia en la turbera y retarda su liberación a las aguas, reduciendo, retrasando o eliminando su toxicidad. Por ello, es fácil comprender su papel en la depuración de las aguas o en el control del paso de contaminantes a las mismas tras la deposición atmosférica, ejerciendo un papel protector contra la eutrofización, la acidificación y la contaminación de los sistemas dulceacuícolas de las áreas donde se encuentran.

Las turberas, debido a su alta porosidad y capacidad de almacenamiento de agua, también intervienen en el régimen hidrológico de los sectores en los que se desarrollan. Modulan la descarga hídrica, favoreciendo el control de eventos extremos (máximos pluviométricos o deshielo). Además, al igual que otros humedales, tienen un cierto efecto a nivel microclimático al favorecer la formación de nieblas y evitar las heladas.

7.1.2. Biodiversidad y equilibrio de las cadenas tróficas

Las características especiales que poseen los tipos de hábitat de turbera permiten la supervivencia de flora y fauna frecuentemente restringida a estas áreas, asociadas a la preservación de ecosistemas relictos. La fuerte interacción que se establece entre la turbera y los factores que afectan a su evolución da lugar a un gran número de micro y mesotopos que, a su vez, implican una gran diversidad de especies y asociaciones bióticas.

La cubierta vegetal de las turberas está constituida fundamentalmente por especies formadoras de turba, adaptadas a situaciones de exceso de agua y déficit de nutrientes. Entre estas especies, las que presentan perfiles ecológicos similares se asocian para constituir comunidades vegetales. Éstas no tienen necesariamente una estructura fija, pero forman conjuntos que tienden a aparecer cuando se dan determinadas condiciones ecológicas. A su vez, las plantas producen cambios en su medio y, de este modo, actúan indirectamente provocando una presión selectiva sobre las especies acompañantes. Este proceso consolida la coherencia de la comunidad porque limita el conjunto de especies y crea dependencias interespecíficas.

Entre los factores ambientales que mayor influencia tienen en la composición florística y la distribución de las comunidades vegetales de las turberas ácidas cabe destacar las condiciones climáticas históricas y actuales, la naturaleza del aporte de agua, las oscilaciones del nivel freático y la oligotrofia. En respuesta a ello, algunas de las especies más representativas han desarrollado peculiares adaptaciones, como las de las plantas insectívoras que superan la fuerte deficiencia en nitrógeno y fósforo obteniendo estos nutrientes de las presas que capturan.

Aunque los estudios sobre la fauna característica de las turberas son escasos, los resultados sugieren que son tipos de hábitat clave para la preservación de especies y subespecies relictas, raras y endémicas, de aves, pequeños mamíferos y numerosos invertebrados de ciclo vital corto (dípteros, colémbolos, nematodos, ácaros y lepidópteros). Así, los tipos de hábitat de turbera del estado español funcionaron y funcionan como islas biogeográficas que crean, en algunos casos, poblaciones aisladas y constituyen corredores de dispersión, migración y descanso de especies migratorias.

7.1.3. Cambio climático: sumideros y fuentes de carbono

Dada su capacidad de acumular materia orgánica y la extensión que ocupan, del orden del 3% de la superficie continental mundial, las turberas representan un importante reservorio de carbono y, con ello, tienen un alto potencial para intervenir en la regulación del CO₂ atmosférico y en el clima global. Durante su desarrollo se genera un balance neto positivo de acumulación de carbono, retirando con ello CO₂ de la atmósfera y reteniéndolo en forma de turba durante miles de años. De hecho las turberas se consideran el principal ecosistema global de almacenamiento de carbono. Se ha calculado que en el hemisferio norte tienen acumuladas 455 Gt de carbono orgánico, lo que equivale al un 64% del CO₂ atmosférico, un 55% del carbono en la biomasa vegetal y un 30% del carbono acumulado en los suelos minerales.

Si bien parte de ese carbono es reemitido en forma de CO₂ (mayoritariamente por la actividad de microorganismos heterótrofos en la zona aerobia del depósito turboso) y CH₄ (por bacterias metanogénicas en la zona anaerobia), ambos gases de efecto invernadero, las emisiones son relativamente bajas. La relación entre el carbono acumulado y el emitido como gases de efecto invernadero es muy grande, por lo que las turberas activas no perturbadas funcionan como sumideros netos de gases de efecto invernadero.

Pero las turberas son ecosistemas frágiles y la alteración de su estructura y funcionamiento podría provocar un cambio de sumideros a fuentes de CO₂. Recuérdese que los estudios llevados a cabo sobre las áreas boreales, donde la extensión de las turberas

es máxima, sugieren que éstas podrían verse de severa a muy severamente afectadas por el cambio climático, revirtiendo su tendencia natural a acumular carbono.

7.1.4. Archivos de la evolución ambiental

Las turberas son ampliamente empleadas como archivos de los cambios ambientales, pues son verdaderos registros de información sobre la evolución ambiental y paleoambiental de las áreas que las rodean. En cada fase de su desarrollo tienen una superficie en la que se depositan componentes que han sido transferidos desde la atmósfera o las aguas de escorrentía. A medida que la vegetación se desarrolla y se forma una nueva superficie, los restos vegetales muertos son enterrados y transformados en turba que acumulará los componentes que recibió cuando estaba en la superficie. De esa manera, al aumentar en espesor el depósito turboso se irá formando un registro de sucesos pasados, un auténtico libro ambiental que contendrá la historia ecológica y de las actividades humanas acaecidas durante el período de tiempo que representa —de hasta unas decenas de miles de años, aunque más habitualmente de todo o parte del período Holoceno.

Existe una gran variedad de proxis medioambientales, pero éstos pueden agruparse en bióticos y abióticos. Entre los primeros se encuentran el polen y otros palinomorfos no polínicos (esporas de hongos, restos de tejidos), semillas, diatomeas, amebas testáceas, fitolitos, partes de insectos (como élitros de coleópteros), etc. El segundo tipo de proxis son los abióticos o geoquímicos, entre ellos se encuentra un gran número de elementos químicos, relaciones isotópicas, compuestos orgánicos marcadores, etc. Pueden aportar información de tipo local, regional y extrarregional.

Se han empleado esencialmente para la reconstrucción de los cambios en la vegetación local de la turbera y la de las áreas próximas, los cambios climáticos del Pleistoceno final y el Holoceno (temperatura y humedad), el calentamiento global inducido, la detección de erupciones volcánicas pasadas, la deposición de material cósmico, la cronología e intensidad de los efectos sobre el paisaje causados por las actividades humanas prehistóricas, la erosión de suelos, la contaminación atmosférica por metales pesados ligada a la minería y metalurgia

desde la prehistoria hasta la actualidad, la detección de las emisiones de contaminantes orgánicos, etc. Debido a que los registros cubren períodos de miles de años, ofrecen la posibilidad de establecer las condiciones naturales de fondo y con ello estimar la magnitud de los impactos antrópicos.

7.1.5. Herencia cultural: aspectos arqueológicos y etnográficos

Existe una íntima relación entre la localización de estaciones arqueológicas, desde el Paleolítico a la Edad del Hierro, y la distribución de las turberas. En ellas se ha preservado la señal temporal de los sucesivos fenómenos culturales, identificables no sólo en una gran variedad de proxis sino también debido a la conservación de vestigios arqueológicos en las secciones anaerobias (tejidos, momias, útiles, etc.). Por otro lado, existe una abundante riqueza etnográfica asociada a estos tipos de hábitat, en forma de toponimia, mitos, leyendas y usos tradicionales.

7.1.6. Valor paisajístico

En la actualidad se ha pasado de entender el paisaje como marco estético de la actividad humana a considerarlo como recurso y patrimonio cultural. El Convenio Europeo del Paisaje indica que los Estados Miembros del Consejo de Europa, a fin de salvaguardar y promover su patrimonio común, y sabiendo que el paisaje desempeña un papel importante de interés general en el campo cultural, ecológico, medioambiental y social, que constituye un recurso favorable para la actividad económica, y que, por lo tanto, es un componente importante del patrimonio natural y cultural europeo, considera esencial la protección de los paisajes. Ésta debe entenderse como las acciones encaminadas a conservar y mantener los aspectos significativos o característicos de un paisaje, justificados por su valor patrimonial derivado de su configuración natural.

En estos términos es difícil encontrar un elemento que aporte más matices a un paisaje que la existencia de un humedal. O como dijo Joaquín Araújo (1995) “un paisaje con agua nos parece siempre más paisaje”. Esta certeza es todavía mayor para las turberas, que tapizan cumbres y laderas en áreas montañosas, rellena valles fluviales y rodean lagunas.

Podemos asumir, por tanto, que los tipos de hábitat de turberas tienen un valor paisajístico alto, un valor ambiental muy alto y un valor científico excepcional.

7.2. LÍNEAS PRIORITARIAS DE INVESTIGACIÓN

En este documento se ha hecho un esfuerzo por sintetizar la información disponible para los tipos de hábitat de turberas ácidas del estado español. A pesar de ello, conviene reconocer que son numerosas las lagunas en el conocimiento actual tanto a nivel de inventario, caracterización básica, como de dinámica; por lo que su gestión en el marco de red Natura 2000 demanda un esfuerzo investigador acorde con las obligaciones futuras. La investigación debe proveer los datos necesarios para retroalimentar y mejorar de manera continuada los protocolos de evaluación del estado de conservación y las pautas de recuperación de estos hábitat. Dicha investigación ha de apoyarse, necesariamente, en una visión sistémica del hábitat como la desarrollada en el proyecto de *Bases Ecológicas* en el que se encuadran las turberas ácidas. A continuación damos un listado provisional de aspectos que deberían ser objeto de investigación.

- Distribución de los tipos y subtipos de turberas ácidas del estado español.
- Tipificación física, química y biológica de los tipos y subtipos de hábitat de turberas ácidas (código 71 de la red Natura 2000) en lugares con un estado de conservación óptimo. Esto es particularmente importante pues en España se encuentran los tipos de hábitat de turberas atlánticas

más septentrionales de Europa, mientras que la región Mediterránea posee una amplia representación de tipos de hábitat de turbera; por lo que nuestro país debiera liderar la tipificación y caracterización biogeoquímica de los mismos a escala europea.

- Valor de los microorganismos como bioindicadores del estado de conservación de los tipos de hábitat de turbera: necesitará la tipificación previa de aquellos LIC que se consideren en estado óptimo de conservación en cada región natural.
- Efectos del cambio climático sobre la dinámica de las turberas: modificaciones de las comunidades de la biota (plantas y microorganismos), emisiones de dióxido de carbono y metano, emisiones de contaminantes retenidos en la turba.
- Registros de la variación vertical/temporal de las propiedades químicas y físicas de los tipos de hábitat de turberas ácidas.
- Variaciones verticales/temporales de la vegetación de las turberas a partir del estudio de los restos preservados en la turba (estudios de evolución del tipo de hábitat).
- Comportamiento ambiental de los macroecosistemas de turbera en la dinámica hidrológica y geoquímica de las cuencas: regulación de caudales, calidad de las aguas, detoxificación.
- Dinámica y composición de las aguas de turbera: de escorrentía, encauzadas, de drenaje y de poro.
- Desarrollo experimental de índices N/P/K de eutrofización: su uso en procesos de evaluación, estrategias de restauración y protocolos de seguimiento ambiental de las turberas.



8. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- ANDREJKO, M.J., FIENE, F. & COHEN, A.D., 1983. Comparison of Ashing Techniques for Determination of the Inorganic Content of Peats. En: Jarrett, P.M. (ed.) *Testing of Peats and Organic Soils*. Philadelphia: ASTM Publication. pp 5-20.
- APHA, 1985. *Standard Methods for Examination of Water and Waste-Water*. New York, USA: American Public Health Association.
- ARMSTRONG, D.W. & WATSON, C.L., 1974. Peat Subsidence Following Drainage of a South Australina fen. *Agric. Record* 1: 4-7.
- ASTM, 1994. *Determinación de dureza en agua. Método ASTM D 1126-92*. Annual Book of Standards 1994. American Society for Testing and Materials.
- BADEN, W. & EGGELSMANN, R., 1968. *The Hydrologic Budget of the Highbogs in the Atlantic Region*. Quebec, Canada: Proc. 3rd. Intern. Peat Congress. pp 206-211.
- BARBER, K.E., 1981. *Peat Stratigraphy and Climatic Change*. Rotterdam: AA Balkema. 219 p.
- BARBER, K.E., 1993. Peatland as Scientific Archives of Past Biodiversity. *Biodiversity & Conservation* 2: 474-489.
- BARBER, K.E., 1994. Deriving Holocene Palaeoclimates from Peat Stratigraphy: Some Misconceptions Regarding Sensitivity and Continuity of the Record. *Quaternary Newsletter* 9: 1-9.
- BARBER, K.E., DUMAYNE-PEATY, L., HUGHES, P., MAUQUOY, D. & SCAIFE, R., 1998. Replicability and Variability of the Recent Macrofossil and Proxy-Climate Record from Raised Bogs: Field Stratigraphy and Macrofossil Data from Bolton Moss and Walton Moss. Cumbria, England. *Journal of Quaternary Science* 13: 515-528.
- BARDEN, L. & BERRY, P.L., 1968. *Model of the Consolidation Process in Peat Soils*. Quebec, Canada: Proc. 3rd Intern. Peat Congress. pp 119-125.
- BARTOLOMÉ, C., ÁLVAREZ, J., VAQUERO, J., COSTA, M., CASERMEIRO, M.A., GIRALDO, J. & ZAMORA, J., 2005. *Los tipos de hábitat de interés comunitario de España. Guía básica*. Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, Dirección General de Biodiversidad. 287 p.
- BELLAMY, D.J., 1968. *An Ecological Approach to the Classification of European Mires*. Quebec, Canada: Proc. 3rd. Inter. Peat Congress. pp 74-79.
- BENSETTITI, F., 2002-2004. *Cahier d'habitat Natura 2000, connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire* (7 tomes). Paris: La Documentation Française. <http://natura2000.environment.gouv.fr/habitats/cahiers.html>.
- BINDLER, R., 2006. Mired in the Past—Looking to the Future: Geochemistry of Peat and the Analysis of Past Environmental Changes. *Global and Planetary Change* 53: 209-221.
- BLAKE, G.R. & HARTGE, K.H., 1986. Bulk Density. In: Klute, A. (ed.) *Methods of Soil Analysis*. Part 1. Physical and mineralogical methods, 2nd ed. Madison. pp 363-375.
- BOELTER, D.H., 1974. Water Table Drawdown Around an Open Ditch in Organic Soils. *Journ. Hydrol.* 15: 329-340.
- BOEYE, D. & VERHEYEN, R.F., 1994. The Relation Between Vegetation and Soil Chemistry Gradients in a Ground Water Discharge Fen. *Journ. Vegetat. Sci.* 5: 553-560.
- BRAGAZZA, L., 2006. Consequences of Increasing Levels of Atmospheric Nitrogen Deposition on Ombrotrophic Peatlands: A Plant-Based Perspective. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.). *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 271-286. Elsevier.
- BRAGAZZA, L., 2006. Heavy Metals in Bog Waters: An Alternative Way to Assess Atmospheric Precipitation Quality? *Global and Planetary Change* 53: 290-298.
- BRAGG, O.M., 2002. Hydrology of Peat-Forming Wetlands in Scotland. *Science of the Total Environment* 294: 111-129.

- BUCKLAND, P.C., 1993. Peatland Archaeology: A Conservation Resource on the Edge of Extinction. *Biodiversity and Conservation* 2: 513-527.
- BURKE, W., 1975. Effect of Drainage on the Hydrology of Blanket Bogs. *Irish Jour. Agric. Res.* 14: 145-162.
- CHAPMAN, S., 1986. Production Ecology and Nutrient Budgets. In: Moore, P. & Chapman, S. (eds.) *Methods in Plant Ecology*. New York, USA: Blackwell Scientific Publications. 589 p.
- CHEBURKIN, A.K. & SHOTYK, W., 1996. An Energy Dispersive Miniprobe Multielement Analyzer (EMMA) for Direct Analysis of Pb and Other Trace Elements in Peats. *Fresenius J. Anal. Chem.* 354: 688-691.
- CHESWORTH, W., MARTÍNEZ CORTIZAS, A. & GARCÍA-RODEJA, E., 2006. The Redox-pH Approach to the Geochemistry of the Earth's Land Surface, With Application to Peatlands. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 175-196. Elsevier.
- CLYMO, R.S., 1963. Ion Exchange in Sphagnum And Its Relation to Bog Ecology. *Ann. Bot. Lond.* 27: 309-324.
- CLYMO, R.S., 1978. A Model of Peat Growth. In: Heal, O.W., Peraius, D.F. & Brow, W.N. (eds.) *Production Ecology of British Moors and Montane Grasslands*. Springer-Verlag. pp 187-223.
- CLYMO, R.S., 1984. Sphagnum-Dominated Peat Bog: A Naturally Acid Ecosystem. *Phil. Trans. Royal Soc. London B* 305: 487-499.
- CLYMO, R.S., 1987. *The Ecology of Peatlands*. Sci. Prog. Oxford 71: 593-614.
- COUWENBERG, J. & JOOSTEN, H., 2005. Self-Organization in Raised Bog Patterning: The Origin of Microtope Zonation and Mesotope Diversity. *Journal of Ecology* 93: 1.238-1.248.
- DAMMAN, A.W.H., 1988. Regulation of Nitrogen Removal and Retention in Sphagnum Bogs and Other Peatlands. *Oikos* 51: 291-305.
- DOYLE, G.J., 1990. *Ecology and Conservation of Irish Peatlands*. Dublin: Royal Irish Academy.
- DYKES, A.P. & KIRK, K.J., 2006. Slope Instability and Mass Movements in Peat Deposits. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands. Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 377-408. Elsevier.
- FOSS, P. & O'CONNELL, C., 1998. *The IPCC Peatland Conservation Handbook*. Dublin: Irish Peatland Conservation Council. 82 p.
- FRAGA VILA, M.I., SAHUQUILLO BALBUENA, E. & GARCÍA TASENDE, M., 2001. Vegetación característica de las turberas de Galicia. En: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja, E. (coords.) *Turberas de Montaña de Galicia*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Colección Técnica Medio Ambiente, capítulo 6: 79-98.
- FREIBAUER, A., 2003. Regionalised Inventory of Biogenic Greenhouse Gas Emissions from European Agriculture. *Europ. Jour. Agronomy* 19: 135-160.
- GIGNAC, L.D., 1994. Peatland Species Preferences: An Overview of Our Current Knowledge Base. *Wetlands* 14: 216-222.
- GILBERT, D. & MITCHELL, E.A.D., 2006. Microbial Diversity in Spahgnum Peatlands. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 287-318. Elsevier.
- GILLMAN, G.P. & SUMPTER, E.A., 1985. KCl-Extractable Sluminium in Highly Weathered Soils. Is It Exchangeable? *Commun. in Soil Sci. Plant. Anal.* 16: 561-568.
- GLOOSCHENKO, W.A., CAPOBIANCO, J.A., MAYER, T. & GREGOY, M., 1980. *A Comparison of Wet and Dry Ashing Methods for Elemental Analysis of Peat and Mosses*. Helsinki: Proceedings 6th Inter. Peat Congress. pp 551-553.
- GODWILLIE, R., 1980. *European Peatlands. Council of Europe, Nature and Environment*. Series nº 19, Strasbourg.
- GORHAM, E., 1991. Northern Peatlands: Role in the Carbon Cycle and Probable Responses to Climatic Warming. *Ecological Applications* 2: 82-195.
- GUERRERO, F., 1985. *Estudio de las aguas de turberas españolas*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Publicaciones Agrarias, Pesqueras y Alimentarias, Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 124 p.
- GUERRERO, F., 1987. *Estudio de las propiedades físicas y químicas de algunas turberas españolas y su posible aprovechamiento agrícola*. Tesis Doctoral.

- Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias.
- GUITIÁN, F. & CARBALLAS, T., 1976. *Técnicas de análisis de suelos*, 2ª ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela. 288 pp.
- HEAL, W.W., 1962. The Abundance and Micro-Distribution of Testate Amoeba (Rhizopoda: Testacea) in Sphagnum. *Oikos* 12: 35-47.
- HEATHWAITE, A.L., EGGELSMANN, R. & GÖTTLICH, K.H., 1993. Ecohydrology, Mire Drainage and Mire Conservation. En: Heathwaite, A.L. & Göttlich, K.H. (eds.) *Mires: Process, Exploitation and Conservation*. John Wiley and Sons. pp 417-484.
- HOGG, E.H., LIEFFERS, V.J. & WEIN, R.W., 1992. Potential Carbon Loss From Peat Profiles: Effects of Temperature, Drought Cycles and Fire. *Ecological Applications* 2: 298-306.
- HOLDEN, J., 2006. Peatland Hydrology. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 319-346. Elsevier.
- HOLDEN, J., CHAPMAN, P.J., LANE, S.N. & BROOKES, C., 2006. Impacts of Artificial Drainage of Peatlands on Runoff Production and Water Quality. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 501-528. Elsevier.
- HUGHES, P.D.M., MAUQUOY, D., BARBER, K.E. & LANGDON, P.G., 2000. Mire-Development Pathways and Paleoclimatic Records from a Full Holocene Peat Archive at Watson Moss. Cumbria, England. *The Holocene* 10: 465-479.
- HULME, P.D., 1979. *Peatland Classification With Special Reference to Scotland*. Hyytiälä, Finland: Proc. Intern. Symp. Classification of Peat and Peatlands. pp 17-21.
- IMMIRZI, C.P., MALTBY, E. & CLYMO, R.S., 1992. *The Global Status of Peatlands and Their Role in Carbon Cycling. A Report to Friends of the Earth*. London: University of Exeter, Department of Geography, Wetland Ecosystems Research Group, Friends of the Earth.
- IUSS-ISRIC-FAO, 2006. *World Reference Base for Soil Resources 2006*, A Framework for International Classification, Correlation and Communication. World Soil Resources Reports. 103 p.
- IVANOV, K.E., 1981. *Water Movement in Mirelands*. London: Academic Press.
- JIMÉNEZ, J., 2004. *Programa de conservación de Rhynchospora alba (L.) Vahl*. Parque Nacional de Cabañeros, España. http://reddeparquesnacionales.mma.es/parques/cabaneros/doc_cab/pdf/cab_rhynchospora_alba.pdf
- JOOSTEN, H., 2008. *Identifying Peatlands of International Biodiversity Importance*. www.imcg.net
- KYLANDER, M.E., WEISS, D.J., PEITEADO VARELA, E., TABOADA RODRÍGUEZ, T. & MARTÍNEZ CORTIZAS, A., 2006. Archiving Natural and Anthropogenic Lead Deposition in Peatlands. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands. Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 479-498. Elsevier.
- LAPPALAINEN, E., 1996. *Global Peat Resources*. UNESCO, International Peat Society Publisher. 359 p.
- LEVESQUE, M. & DINEL, H., 1982. Some Morphological and Chemical Aspects of Peats Applied to the Characterization of Histosols. *Soil Sci.* 133: 324-332.
- LIMPENS, J., BERENDSE, F. & KLEES, H., 2004. How Phosphorous Availability Affects the Impact of Nitrogen Deposition on Sphagnum and Vascular Plants in Bogs. *Ecosystems* 7: 793-804.
- LIN, C. & COLEMAN, N.T., 1967. The Measurement of Exchangeable Aluminium in Soils and Clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24: 444-446.
- LINDSAY, R.A., 1995. *Bogs: The Ecology, Classification and Conservation of Ombrotrophic Mires*. Perth, Scotland, UK, Scottish Natural Heritage.
- LÓPEZ MERINO, L., LÓPEZ SÁEZ, J.A. & LÓPEZ GARCÍA, P., 2006. Estudio palinológico de la turbera litoral holocena de Las Dueñas (Cudillero, Asturias, España). *Revista Española de Micropaleontología* 38: 299-308.
- LÓPEZ-RITAS, J. & LÓPEZ-MELIDA, J., 1985. *El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio*. Madrid: Ediciones Mundiprensa, ISBN: 84-7114-153-1. 368 p.
- LYNN, W.C., MCKENZIE, W.E. & GROSSMAN, R.B., 1974. Field Laboratory Tests for Characterization of Histosols. En: Aandahl, A.R., Buol, S.W., Hill, D.E. & Bailey, H.H. (eds.) *Histosols: Their Characteristics, Classification, and Use*. Soil Sci.

- Soc. Am., Inc, Madison, Wisconsin. pp 11-20.
- MALBY, E. & IMMIRZI, P., 1993. Carbon Dynamics in Peatlands and Other Wetland Soils: Regional and Global Perspective. *Chemosphere* 27: 999-1023.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., 2001. Las turberas: terminología, tipos y clasificaciones. En: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja, E. (coords.). *Turberas de Montaña de Galicia*. Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Colección Técnica Medio Ambiente, capítulo 7. pp 99-127.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., CHESWORTH, W. & GARCÍA-RODEJA, E., 2001. Dinámica geoquímica de las turberas de Galicia. En: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja, E. (coords.). *Turberas de Montaña de Galicia*. Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Colección Técnica Medio Ambiente, capítulo 9. pp 141-148.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A. & PONTEVEDRA POMBAL, X., 2001. Factores que influyen en la formación de las turberas. En: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja, E. (coords.). *Turberas de Montaña de Galicia*. Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Colección Técnica Medio Ambiente, capítulo 3, pp 39-46.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J.C. & GARCÍA-RODEJA, E., 2001. Distribución geográfica y cronología de las turberas de Galicia. En: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja, E. (coords.). *Turberas de Montaña de Galicia*. Santiago de Compostela, Xunta de Galicia, Colección Técnica Medio Ambiente, capítulo 2. pp 33-38.
- MASING, V., 2008. *Multilevel Approach in Mire Mapping, Research, and Classification*. www.imcg.net
- MAUQUOY, D. & BARBER, K.E., 1999a. Evidence for Climatic Deteriorations Associated With the Decline of Sphagnum Imbricatum Hornsch. ex Russ. In Six Ombrotrophic Mires From Northern England and the Scottish Borders. *The Holocene* 9: 423-427.
- MAUQUOY, D. & BARBER, K.E., 1999b. A Replicated 3000 yr Proxy-Climate Record from Coom Rigg Moss and Felicia Moss, the Border Mires, Northern England. *Journal of Quaternary Science* 14: 263-275.
- MEHRAG, A.A. & KILLHAM, K., 2003. A Pre-Industrial Source of Dioxins and Furans. *Nature* 421: 909-910.
- MIGHALL, T., MARTÍNEZ CORTIZAS, A., BIESTER, H. & TURNER, S. E., 2006. Proxy Climate and Vegetation Change During the Last Five Millennia in NW Iberia: Pollen and Non-Pollen Palynomorph Data from Two Ombrotrophic Peat Bogs in North Western Iberian Peninsula. *Review of Palaeobotany and Palynology* 141: 203-223.
- MIGHALL, T.M., TIMBERLAKE, S., JUNKINS, D.A. & GRATTAN, J.P., 2006. Using Bog Archives to Reconstruct Paleopollution and Vegetation Change During the Late Holocene. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 409-430. Elsevier.
- MOEN, A., 1985. Classification of Mires for Conservation Purposes in Norway. *Aquilo, Ser. Bot.* 21: 95-100.
- MONTANARELLA, L., JONES, R.J.A. & HIEDERER, R., 2006. The distribution of Peatland in Europe. *Mires and Peat* 9: 1-10.
- MOORE, P.D. (ed.), 1984. *European Mires*. New York: Academic Press.
- MOORE, P. D., 1975. Origin of Blanket Mires. *Nature*, 256: 267-269.
- ODUM, W. E., 1988. Predicting Ecosystems Development Following Creation and Restoration of Wetlands. In: Zelazny, J. & Feierabend, J.S. (eds.) *Increasing our Wetland Resources*. Washington, USA: National Wildlife Federation.
- ORHAN, E., EISENREICH, S.J., FORD, J. & SANTELMANN, M.V., 1985. The Chemistry of Bog Waters. In: Stumm, W. (ed.) *Chemical Processes in Lakes*: 339-383, New York: John Wiley & Sons.
- PAPP, C.S.E. & HARMS, T.F., 1985. Comparison of Digestion Methods for Total Elemental Analysis of Peat and Separation of Its Organic and Inorganic Components. *Analyst* 110: 237-242.
- PEECH, M., ALEXANDER, L.T., DEAN, L. & REED, J. F., 1947. *Methods of Soil Analysis for Soil Fertility Investigations*. U.S. Department of Agriculture, Cir. 757. 25 p.
- PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J.C., GARCÍA-RODEJA, E. & MARTÍNEZ CORTIZAS, A., 2001. Composición y propiedades de las turberas de Galicia. En: Martínez Cortizas, A. & García-Rodeja, E. (coords.). *Turberas de Montaña de Galicia*. Santiago de Compostela, Xunta de Ga-

- licia, Colección Técnica Medio Ambiente, capítulo 8. pp 129-140.
- PONTEVEDRA POMBAL, X., NÓVOA MUÑOZ, J.C., GARCÍA-RODEJA, E. & MARTÍNEZ CORTIZAS, A. (2006). Mountain Mires from Galicia (NW Spain). In: I. P. Martini, A. Martínez Cortizas y W. Chesworth (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 85-110, Elsevier.
- PONTEVEDRA-POMBAL, X., (2002). *Turberas de Montaña de Galicia. Génesis, propiedades y su aplicación como registros ambientales geoquímicos*. Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela, Facultad de Biología, Departamento de Edafología e Química Agrícola, 483 pp. (CD). ISBN: 84-9750-159-4.
- PRATT, P.F. & BAIR, F.L., (1961). A Comparison of Three Reagents for the Extraction of Aluminium from Soils. *Soil Sci.* 91: 357-359.
- REYNOLDS, B. & FENNER, N., (2001). Export of Organic Carbon from Peat Soils. *Nature* 412: 785.
- RHOADES, J., (1982). Cation Exchange Capacity. In: Page, A.L. (ed.) *Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy Monograph* 9. Madison; WI: ASA & SSSA. pp 178-190.
- RILEY, J.L., (1989). *Laboratory Methods for Testing Peat. Ontario Peatland Inventory Project*. Ontario Geological Survey, Miscellaneous Paper 145. 51 p.
- SHOTYK, W., (1986). An Overview of the Chemistry of Peatlands Waters. In: National Research Council Canada. *Advances in Peatlands Engineering*. Ottawa. pp 159-171.
- SHOTYK, W., (1988). Review of the Inorganic Geochemistry of Peats and Peatlands Waters. *Earth Sci. Reviews*, 25: 95-176.
- SHOTYK, W., (1996). Peat Bog Archives of Atmospheric Metal Deposition: Geochemical Evaluation of Peat Profiles, Natural Variations in Metal Concentrations and Metal Enrichment. *Environ. Rev.* 4:149-183.
- SILVOLA, J., (1986). Carbon Dioxide Dynamics in Mires Reclaimed for Forestry in Eastern Finland. *Ann. Bot. Fennica* 23: 59-67.
- SJÖRS, H., (1980). Peat on Earth: Multiple Use or Conservation? *Ambio* 9: 303-308.
- STALLAGGER, M., (2008). *7150 Depressions on Peat Substrates of the Rhynchosporion. Management Models for Natura 2000 – habitats*. The European Commission (DG ENV B2).
- TARNOCAI, C., (2006). The Effect of Climate Change on Carbon in Canadian Peatlands. *Global and Planetary Change* 53: 222-232.
- TARNOCAI, C. & STOLBOVOY, V., (2006). Northern Peatlands: Their Characteristics, Development and Sensitivity to Climate Change. In: Martini, I.P., Martínez Cortizas, A. & Chesworth, W. (eds.) *Peatlands: Evolution and Records of Environmental and Climate Changes. Developments in Earth Surface Processes* 9: 17-52. Elsevier.
- UKONMAANAHO, L., NIEMINEN, T. M., RAUSCH, N., CHEBURKIN, A., LE ROUX, G. & SHOTYK, W., (2006). Recent Organic Matter Accumulation in Relation to Some Climatic Factors in Ombrotrophic Peat Bogs Near Heavy Metal Emission Sources in Finland. *Global and Planetary Change* 53: 259-268.
- VAN LIEROP, W., (1981). Laboratory Determination of Field Bulk Density for Improving Fertilizer Recommendations of Organic Soils. *Can. J. Soil. Sci.* 61: 475-472.



9. FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1

Tremedal no confinado, 7140-2.



Fotografía 2

Turbera elevada confinada. 7110-1.



Fotografía 3

Turbera elevada semiconfinada. 7110-2.



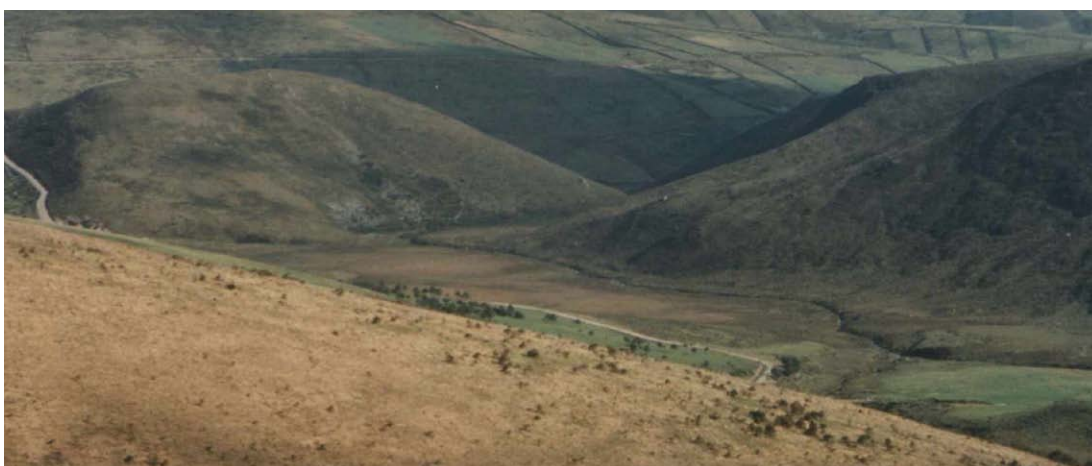
Fotografía 4

Turbera de cobertor. 7130. Mesotopos de cumbre, (CU, 7130-1), ladera (L, 7130-2), escalón, (E, 7130-3) y collado (CO, 7130-4).



Fotografía 5

Tremedal confinado, 7140-1.



Fotografía 6

Tremedal confinado, 7140-1.



Fotografía 7

Tremedal no confinado, *flark*, 7140-2.

ANEXO 1
INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE ESPECIES

ESPECIES CARACTERÍSTICAS
Y DIAGNÓSTICAS

En la tabla A1.1 se ofrece un listado con las especies que, las aportaciones de la Sociedad española de Ornitología (SEO/BirdLife), pueden conside-

rarse como características y/o diagnósticas de los tipos de hábitat de interés comunitario de las turberas ácidas con esfagnos (grupo 71). En ella se encuentran caracterizados los diferentes taxones en función de su presencia y abundancia en este tipo de hábitat.

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia/Afinidad**	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
AVES						
<i>Gallinago gallinago</i> ¹			Habitual	Rara	Reproductora, con importante invernada de aves procedentes de poblaciones más meridionales.	Pequeña población reproductora en prados húmedos y cenagales de media y alta montaña. Considerada en el Libro Rojo como En Peligro.
<i>Scolopax rusticola</i> ²			Habitual	Moderada	Invernante	
<i>Anthus spinoletta</i> ³			De "habitual" a "diagnóstico"	Escasa	Reproductor e invernante	
<i>Motacilla flava</i> ⁴			Habitual	Escasa-moderada	Reproductora	No aparece en los sistemas montañosos.

Referencias bibliográficas:

¹ Domínguez *et al.*, 1995; Díaz *et al.*, 1996; Sanz-Zuasti & Velasco, 1999; Salvadores *et al.*, 2003; 2004.
² Díaz *et al.*, 1996; Onrubia, 2003.
³ Tellería *et al.*, 1999; Seoane, 2002; Vázquez, 2003; Carrascal & Lobo, 2003; Carrascal *et al.*, 2003; Gainzarain, 2006.
⁴ Tellería *et al.*, 1999; Pérez-Tris, 2003.
* Presencia: Habitual: taxón característico, en el sentido de que suele encontrarse habitualmente en el tipo de hábitat; Diagnóstica: entendida como diferencial del tipo/subtipo de hábitat frente a otras; Exclusiva: taxón que sólo vive en ese tipo/subtipo de hábitat.
** Afinidad (sólo datos relativos a invertebrados): Obligatoria: taxón que se encuentra, prácticamente en el 100% de sus localizaciones, en el hábitat considerado; Especialista: taxón que se encuentra, en más del 75% de sus localizaciones, en el hábitat considerado; Preferencial: taxón que se encuentra, en más del 50% de sus localizaciones, en el tipo de hábitat considerado; No preferencial: taxón que se encuentra, en menos del 50% de sus localizaciones, en el tipo de hábitat considerado.

Tabla A1.1

Taxones que, según las aportaciones de la Sociedad española de Ornitología (SEO/BirdLife), pueden considerarse como característicos y/o diagnósticos del tipo de hábitat de interés comunitario de las turberas ácidas con esfagnos (grupo 71).

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE
LAS ESPECIES TÍPICAS

En la tabla A1.2 se ofrece un listado con las especies que, según la Sociedad Herpetológica Española (AHE), pueden considerarse como típicas del tipo de hábitat de interés comunitario de las turberas

ácidas con esfagnos (grupo 71). Se consideran especies típicas a aquellos taxones relevantes para mantener el tipo de hábitat en un estado de conservación favorable, ya sea por su dominancia-frecuencia (valor estructural) y/o por la influencia clave de su actividad en el funcionamiento ecológico (valor funcional).

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación					Comentarios	
		Área de distribución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de poblaciones	Categoría de Amenaza UICN			CNEA***
					España	Mundial		
ANFIBIOS Y REPTILES								
<i>Lacerta</i> (<i>Zootoca</i>) <i>vivipara</i> ^{1, 2, 3, 4, 5}	Para todo el subgrupo de hábitat: 71. Turberas ácidas de esfagnos, en toda la distribución de la especie (Cordillera Cantábrica y Pirineos) (1, 3, 4, 5, 6)	Se distribuye en la franja septentrional (ver mapa de la figura A1.1). Se ha citado desde la Sierra del Xistral (Galicia), hasta el pirineo gerundense, en un rango de altitud desde el nivel del mar hasta los 2.000 m en Cantabria y los 2.400 en Pirineos		En la Cordillera Cantábrica, han señalado una densidad media de 16,16 ej./ha. Y una maxima de 37,5 (Delibes y Salvador, 1986). En poblaciones francesas parece existir una correlación muy marcada entre la densidad de la población y la abundancia de los recursos tróficos, así como respecto a la humedad edáfica y la heterogeneidad espacial (Heulin 1985) ,	Casi amenazada (NT)	No catalogada	La lagartija de turbera tiene una vinculación fisiológica con los medios higrófilos ya que debe controlar el balance hídrico por su alta tasa de pérdida de agua por evaporación. Por este motivo esta íntimamente asociada a formaciones caracterizadas por una elevada humedad del sustrato y una cobertura vegetal herbácea y/o arbustiva (claramente las turberas ácidas son unos de los tipos de hábitat prioritarios de estos requerimientos ecológicos). Esta característica la hace especie característica e inseparable del hábitat, así como una especie clave en la estructura y función del hábitat	

¹ **Factores de amenaza:** alteración de las zonas húmedas a las que están asociadas. Poblaciones aisladas en todo el oeste de su distribución.

² **Poblaciones amenazadas:** poblaciones aisladas particularmente vulnerables en Galicia, Sierra de Xistral, Sierra de Os Ancares, Lugo, Sierras de Buio, Lurenzá, Cordo y los Montes de Moselibán (Prieto & Arzúa, 2007).

³ **Recomendaciones para la conservación:** las turberas ácidas son muy sensibles a la contaminación tanto por residuos humanos (escombros, lubricantes, etc.) como animales (nitritos derivados del exceso de ganado). Ambos pueden afectar tanto a los adultos pero sobretudo a los huevos que las poblaciones ibéricas depositan. También son a veces drenadas para aprovechar pastos. La figura de la microreserva representa una solución viable y poco costosa para limitar tales actuaciones.

⁴ **Líneas prioritarias de investigación:** debido a su extensa área de distribución y a que se han desarrollado varios estudios autoecológicos la biología básica de la lagartija de turbera es bien conocida. Sin embargo, debido a su situación ecológicamente marginal en la Península resulta prioritario determinar la posible evolución de la distribución de la especie en los diferentes escenarios de cambio climático. Existen actualmente, tanto herramientas de modelación en SIG como cartografía digital para tales previsiones que permitiría realizar dicha tarea. Los resultados permitirían orientar futuras acciones de conservación y desarrollar medidas correctivas y preventivas.

⁵ **Referencias bibliográficas:** Braña & Bea, 2002; Grenot & Heulin, 1990; Perez Mellado, 1997; Roig *et al.*, 2000.

* Nivel de referencia: indica si la información se refiere al tipo de hábitat en su conjunto, a alguno de sus subtipos y/o a determinados LIC.

** Opciones de referencia: 1: taxón en la que se funda la identificación del tipo de hábitat; 2: taxón inseparable del tipo de hábitat; 3: taxón presente regularmente pero no restringido a ese tipo de hábitat; 4: taxón característico de ese tipo de hábitat; 5: taxón que constituye parte integral de la estructura del tipo de hábitat; 6: taxón clave con influencia significativa en la estructura y función del tipo de hábitat.

*** CNEA = *Catálogo Nacional de Especies Amenazadas*.

Tabla A1.2
Identificación y evaluación de los taxones que, según las aportaciones por la Sociedad Herpetológica Española (AHE) pueden considerarse como típicos del tipo de hábitat de interés comunitario de las turbeas ácidas con esfagnos (grupo 71).

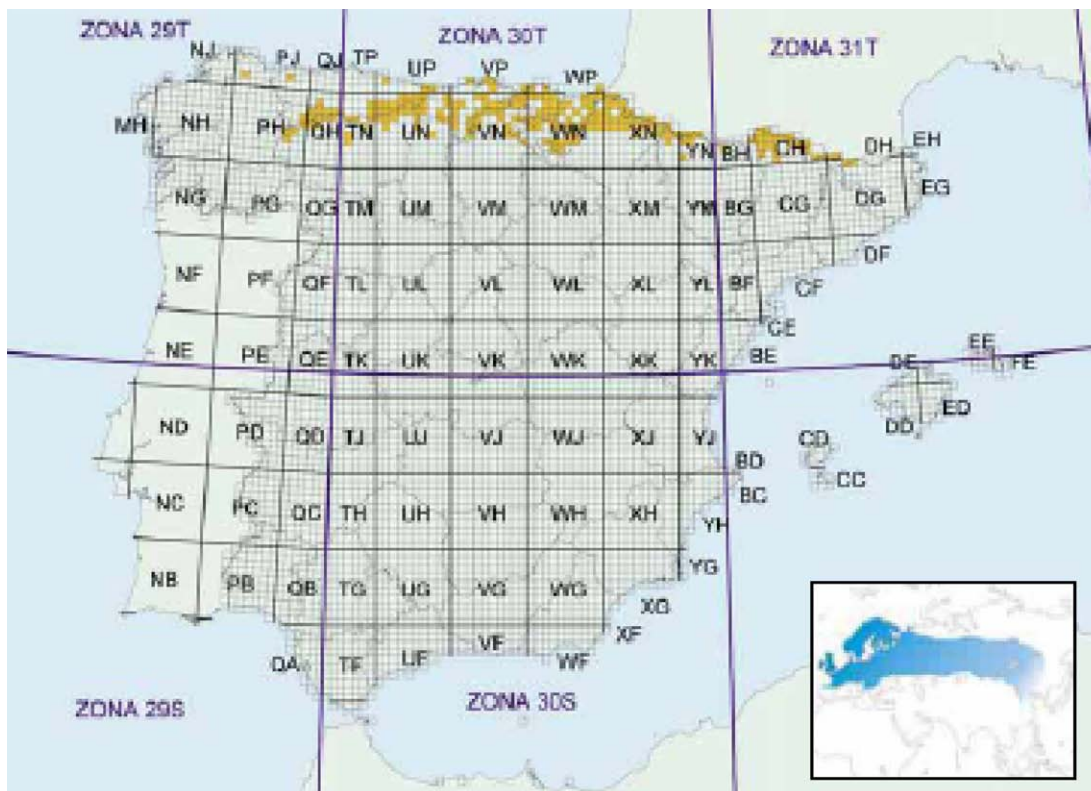


Figura A1.1

Mapa de distribución de *Lacerta vivipara*.

BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- BRAÑA, F. & BEA, A., 2002. *Lacerta vivipara*. En: Pleguezuelos, J.M., Márquez, R. & Lizana, M. *Atlas y Libro Rojo de los anfibios y reptiles de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza, AHE.
- CARRASCAL, L.M. & LOBO, J., 2003. Apéndice I. En: Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/BirdLife. pp 718-721.
- CARRASCAL, L.M., SEOANE, J., ALONSO, C.L. & PALOMINO, D., 2003. *Estatus regional y preferencias ambientales de la avifauna madrileña durante el invierno*. Anuario Ornitológico de Madrid 2002: 22-43.
- DELIBES, A. & SALVADOR, A., 1986. Censos de lacértidos en la Cordillera Cantábrica. *Revista Española de Herpetología* 1: 335-361.
- DOMÍNGUEZ, J., ARCOS, F. & SALVADORES, R., 1995. *Aproximación al estado actual de la población de Agachadiza Común (Gallinago gallinago) nidificante en Galicia*. Oleiros: Comunicación al III Congreso Galego de Ornitoloxía.
- GAINZARAIN, J. A., 2006. *Atlas de las aves invernantes en Álava (2002-2005)*. Vitoria: Diputación Foral de Álava.
- GRENOT, C. & HEULIN, B., 1990. Sur la plasticité écophysologique du lézard vivipare (*Lacerta vivipara*, Reptilia Lacertidae). *Bull. Soc. Herp. Fr.* 54: 1-22.
- HEULIN, B., 1985. Densité et organisation spatiale les populations ovipares de *Lacerta vivipara* dans les landes de la region de Paimpont. *Bulletin d'Ecologie* 16 (2): 177-186.
- ONRUBIA, A., 2003. Chocha perdiz *Scolopax rusticola*. En: Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/BirdLife. pp 258-259.

- PÉREZ MELLADO, V., 1997. *Lacerta vivipara*. En: Salvador, A. (coord.). *Fauna Ibérica*. Vol. 10. Reptiles. MMA. pp 232-242.
- PÉREZ-TRIS, J., 2003. Lavandera boyera *Motacilla flava*. En: Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/BirdLife. pp 398-399.
- PRIETO, X. & ARZÚA, M., 2007. Nuevas localidades de *Lacerta (Zootoca) vivipara* y algunas consideraciones sobre el límite altitudinal en sus poblaciones de Galiza. *Boletín de la Asociación Herpetológica Española* 18: 69.
- ROIG, J.M., CARRETERO, M.A. & LLORENTE, G.A., 2000. Reproductive Cycle in a Pyrenean Oviparous Population of the Common Lizard (*Zootoca vivipara*). *Netherlands Journal of Zoology* 50 (1): 15-27.
- SALVADORES, R., ARCOS, F. & HORTAS, F., 2003. Agachadiza común *Gallinago gallinago*. En: Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/BirdLife. pp 256-257.
- SALVADORES, R., ARCOS, F. & HORTAS, F., 2004. Agachadiza común *Gallinago gallinago*. En: Madroño, A., González G. & Atienza, J.C., (eds.): *Libro Rojo de las Aves de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SEO/BirdLife. pp 232-234.
- SANTOS, X., CARRETERO, M.A., LLORENTE, G. & MONTORI, A. (Asociación Herpetologica Española), 1998. *Inventario de las Areas importantes para los anfibios y reptiles de España*. Ministerio de Medio Ambiente. Colección Técnica. 237 p.
- SANZ-ZUASTI, J. & VELASCO, T., 1999. *Guía de las aves de Castilla y León*. Medina del Campo: Carlos Sánchez Editor.
- SEOANE, J., 2002. Bisbita Alpino *Anthus spinoletta*. En: Del Moral, J. C., Molina, B., de la Puente, J. & Pérez-Tris, J. (eds.). *Atlas de las Aves Invernantes de Madrid, 1999-2001*. Madrid: SEO-Monticola. pp 204-205.
- TELLERÍA, J.L., ASENSIO, B. & DÍAZ, M., 1999. *Aves ibéricas. II. Paseriformes*. Madrid: J.M. Reyero Editor.
- VÁZQUEZ, X., 2003. Bisbita Alpino *Anthus spinoletta*. En: Martí, R. & del Moral, J.C. (eds.) *Atlas de las Aves Reproductoras de España*. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza-SEO/BirdLife. pp. 396-397.