



1320

**PASTIZALES DE *SPARTINA*
(*SPARTINION MARITIMAE*)**

AUTOR
José Luis Espinar

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).

Autor: José L. Espinar¹.

Revisor: Enrique Mateos Naranjo², José Prenda Marín³ y Laura Serrano Martín².

¹Southeast Environmental Research Center. Florida International University, ²Univ. de Sevilla, ³Univ. de Huelva.

Colaboraciones específicas relacionadas con los grupos de especies:

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

Mamíferos: Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM). Francisco José García, Luis Javier Palomo (coordinadores-revisores), Roque Belenguer, Ernesto Díaz, Javier Morales y Carmen Yuste (colaboradores-autores).

Plantas: Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP). Jaime Güemes Heras, Álvaro Bueno Sánchez (directores), Reyes Álvarez Vergel (coordinadora general), Carlos Salazar Mendías (coordinador regional), Carlos Salazar Mendías y María Lucía Lendínez (colaboradores-autores).

Colaboración específica relacionada con suelos:

Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS). Felipe Macías Vázquez y Xosé Luis Otero Pérez.

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:

ESPINAR, J. L., 2009. 1320 Pastizales de Spartina (*Spartinion maritimae*). 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. 57 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. PRESENTACIÓN GENERAL	7
1.1. Código y nombre	7
1.2. Definición	7
1.3. Descripción	7
1.4. Problemas de interpretación	7
1.5. Esquema sintaxonómico	8
1.6. Distribución geográfica	9
2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	13
2.1. Regiones naturales	13
2.2. Factores biofísicos de control	13
2.2.1. Factores abióticos	13
2.2.2. Factores bióticos	15
2.3. Subtipos	18
2.4. Especies de los anexos II, IV y V	18
2.5. Exigencias ecológicas	18
3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN	19
3.1. Determinación y seguimiento de la superficie ocupada	19
3.2. Identificación y evaluación de las especies típicas	21
3.3. Evaluación de la estructura y funciones	21
3.3.1. Factores, variables y/o índices	21
3.3.2. Protocolo para determinar el estado de conservación global de la estructura y funciones	24
3.3.3. Protocolo para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación de la estructura y funciones	25
3.4. Evaluación de las perspectivas de futuro	25
3.5. Evaluación del conjunto del estado de conservación	26
4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN	27
5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	29
5.1. Bienes y servicios	29
5.2. Líneas prioritarias de investigación	29
6. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA	31
Anexo 1. Información complementaria sobre especies	34
Anexo 2. Información edafológica complementaria	42



1. PRESENTACIÓN GENERAL

1.1. CÓDIGO Y NOMBRE

1320 Pastizales de *Spartina*
(*Spartinion maritimae*)

1.2. DEFINICIÓN

Formaciones de hierbas perennes rizomatosas pioneras que colonizan sedimentos salinos limo-arcillosos de la zona intermareal en estuarios y marismas de la costa atlántica, principalmente. Está compuesta por poblaciones casi monoespecíficas de la especie nativa *Spartina maritima*, así como de las especies invasoras *Spartina densiflora* (costas atlánticas de clima mediterráneo), *Spartina alterniflora* y *Spartina patens* (costas atlánticas de clima atlántico) junto con posibles híbridos entre las especies invasoras y *Spartina maritima*.

1.3. DESCRIPCIÓN

Las especies del género de *Spartina* spp. son hierbas perennes con un metabolismo fotosintético C4 que las hacen especialmente tolerantes a un amplio rango de condiciones climatológicas en ambos hemisferios. Las poblaciones ibéricas se localizan, principalmente, en las costas atlánticas y cantábricas. Se trata de herbáceas de talla media que forman praderas densas monoespecíficas. *Spartina maritima* (única especie nativa) coloniza el relleno sedimentario (fangos anóxicos y reducidos) de ensenadas, esteros, bahías y otras zonas no excesivamente batidas por las olas. Estas praderas tapizan la zona litoral intermareal, entre los niveles medios de la bajamar y de la pleamar, permaneciendo emergidas o sumergidas alternativamente. Hacia la franja infralitoral (por debajo del nivel medio de la bajamar) son sustituidas por formaciones de macrófitos marinos, tipo de hábitat 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda (Bancales sublitorales), mientras que hacia la franja supralitoral (por encima del nivel medio de la pleamar) contactan con el tipo de hábitat 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y

Código y nombre del tipo de hábitat en el anexo 1 de la Directiva 92/43/CEE

1320 Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritimae*).

Definición del tipo de hábitat según el Manual de interpretación de los hábitats de la Unión Europea (EUR25, abril 2003)

Perennial pioneer grasslands of coastal salt muds, formed by *Spartina* or similar grasses. When selecting sites, preference should be given to those areas supporting rare or local *Spartina*.

Sub-types

15.21 - Flat-leaved cordgrass swards: perennial pioneer grasslands of coastal salt muds, dominated by flat-leaved *Spartina maritima*, *S. townsendii*, *S. anglica*, *S. alterniflora*.

15.22 - Rush-leaved cordgrass swards: perennial pioneer grasslands of southern Iberian coastal salt muds, dominated by the junciform-leaved *Spartina densiflora*.

Relaciones con otras clasificaciones de hábitats

EUNIS Habitat Classification 200410

A2.5 Coastal saltmarshes and saline reedbeds

Palaeartic Habitat Classification 1996

15.2 Perennial salt pioneer swards

termoatlánticos (*Sarcocornetea fruticosi*) y con 1330 Pastizales salinos atlánticos (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*). La introducción de especies invasoras como *Spartina alterniflora* y *Spartina patens* (costas vascas y cántabras) o *Spartina densiflora* (costa atlántica andaluza) supone una amenaza para las poblaciones autóctonas colindantes.

Las formaciones de *Spartina maritima* se comportan como especies pioneras que estabilizan los sedimentos litorales y facilitan el proceso de sucesión mediante el establecimiento de especies de los tipos de hábitat 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fruticosi*), y 1310 Vegetación halonitrófila anual sobre suelos salinos poco evolucionados principalmente. La presencia de especies invasoras plantea interrogantes sobre la continuidad espacial de estos procesos de sucesión así como en las relaciones de competencia con especies nativas de los tipos de hábitat 1420 y 1310.

1.4. PROBLEMAS DE INTERPRETACIÓN

El principal problema de interpretación es cómo incluir a las especies invasoras en este tipo de hábitat. Dada su abundancia y variedad, así como el largo período de tiempo que llevan en las costas españolas, resulta difícil redactar esta ficha manteniéndolas al

margen o simplemente delimitando una línea entre nativas e invasoras. En muchos casos esto supondría un ampliación del tipo de hábitat, como por ejemplo en Doñana, las marismas del Odiel, las marismas de la Isla de San Bruno y de los esteros de la Nao y la Sardiná (estuario del Guadiana) donde *Spartina densiflora* ocupa una gran extensión de los tipos de hábitat 1310 y 1420 (Mateos-Naranjo, 2008).

1.5. ESQUEMA SINTAXONÓMICO

Código del tipo de hábitat de interés comunitario	Hábitat del Atlas y Manual de los Hábitat de España	
	Código	Nombre Científico
1320	132010	<i>Spartinion maritimae</i> Conard ex Beeftink & Géhu 1973
1320	132011	<i>Spartinetum alterniflorae</i> Corillion 1953
1320	132012	<i>Spartinetum densiflorae</i> Rivas-Martínez, Costa, Castroviejo & E. Valdés 1980
1320	132013	<i>Spartinetum maritimae</i> Corillion 1953
1320-1410	141010	<i>Juncion maritimi</i> Br.-Bl. ex Horvatic 1934
1320-1410	132014- 14101E	<i>Spartino-Juncetum maritimi</i> O. Bolòs 1962

Datos del *Atlas y Manual de los Hábitat de España* (inédito).

Tabla 1.1

Clasificación del tipo de hábitat de interés comunitario 1320.

En color se han señalado los hábitat del *Atlas y Manual de los Hábitat de España* que, aunque no están relacionados directamente con el tipo de hábitat de interés comunitario 1320, presentan alguna asociación que sí lo está.

1.6. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

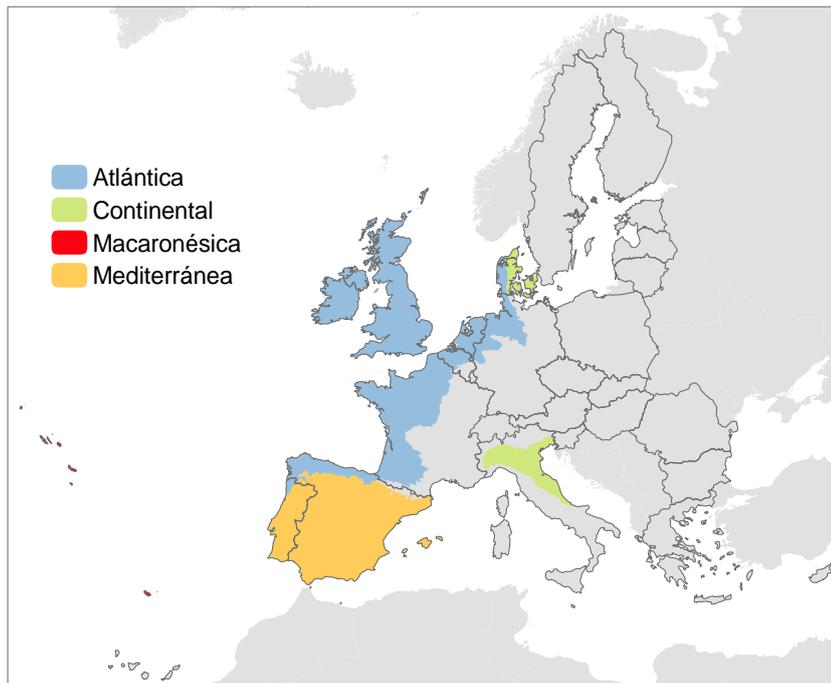


Figura 1.1

Mapa de distribución del tipo de hábitat 1320 por regiones biogeográficas en la Unión Europea.

Datos de las listas de referencia de la Agencia Europea de Medio Ambiente



Figura 1.2

Mapa de distribución estimada del tipo de hábitat 1320.

Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005.

Región biogeográfica	Superficie ocupada por el hábitat (ha)	Superficie incluida en LIC	
		(ha)	(%)
Alpina	-	-	-
Atlántica	598,64	394,45	65,89
Macaronésica	-	-	-
Mediterránea	3.678,39	3.369,58	91,60
TOTAL	4.277,03	3.764,03	88

Tabla 1.2

Superficie ocupada por el tipo de hábitat 1320 por región biogeográfica, dentro de la red Natura 2000 y para todo el territorio nacional.

Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005, y de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006

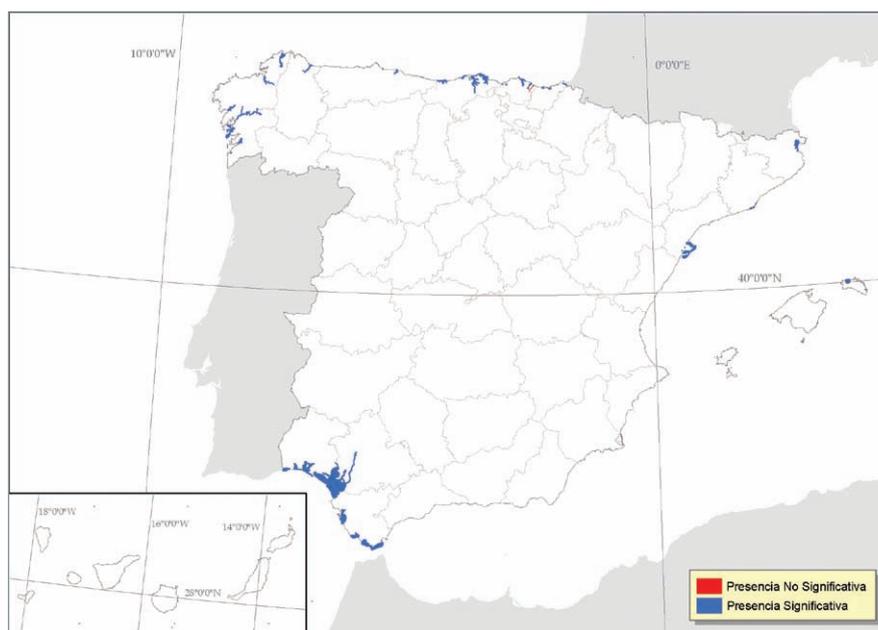


Figura 1.3

Lugares de Interés Comunitario en que está presente el tipo de hábitat 1320.

Datos de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

Región biogeográfica	Evaluación de LIC (número de LIC)				Superficie incluida en LIC (ha)
	A	B	C	In	
Alpina	-	-	-	-	-
Atlántica	7	10	4	2	669,13
Macaronésica	-	-	-	-	-
Mediterránea	12	7	-	-	4.722,30
TOTAL	19	17	4	2	5.391,43

A: excelente; B: bueno; C: significativo; In: no clasificado.

Datos provenientes de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

Tabla 1.3

Número de LIC en los que está presente el tipo de hábitat 1320, y evaluación global de los mismos respecto al tipo de hábitat. La evaluación global tiene en cuenta los criterios de representatividad, superficie relativa y grado de conservación.

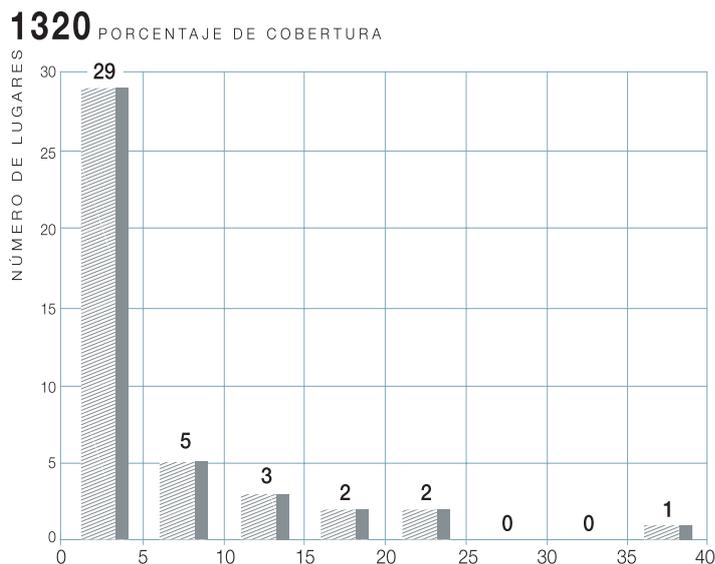


Figura 1.4

Frecuencia de cobertura del tipo de hábitat 1320 en LIC.

La variable denominada porcentaje de cobertura expresa la superficie que ocupa un tipo de hábitat con respecto a la superficie total de un determinado LIC.

		ALP	ATL	MED	MAC
Andalucía	Sup.			99,33%	
	LIC			78,94%	
Asturias	Sup.		5,20%		
	LIC		4,76%		
Cantabria	Sup.		26,16%		
	LIC		28,57%		
Cataluña	Sup.			0,66%	
	LIC			15,78%	
Galicia	Sup.		65,78%		
	LIC		38,09%		
Islas Baleares	Sup.			<0,01%	
	LIC			5,26%	
País Vasco	Sup.		2,84%		
	LIC		28,57%		

Sup.: porcentaje de la superficie ocupada por el tipo de hábitat de interés comunitario en cada comunidad autónoma respecto a la superficie total de su área de distribución a nivel nacional, por región biogeográfica.

LIC: porcentaje del número de LIC con presencia significativa del tipo de hábitat de interés comunitario en cada comunidad autónoma respecto al total de LIC propuestos por la comunidad en la región biogeográfica. Se considera presencia significativa cuando el grado de representatividad del tipo de hábitat natural en relación con el LIC es significativo, bueno o excelente, según los criterios de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000.

Datos del *Atlas de los Hábitat de España*, marzo de 2005, y de los formularios normalizados de datos de la red Natura 2000, enero de 2006.

Tabla 1.4

Distribución del tipo de hábitat 1320 en España por comunidades autónomas en cada región biogeográfica.



2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA

2.1. REGIONES NATURALES

Aguas de transición y aguas costeras de las regiones biogeográficas Atlántica (Zona del Estrecho y Golfo de Cádiz, margen Gallego, margen astur-occidental, margen astur-oriental y Santander-País Vasco) y Mediterránea (Golfo de León, Delta del Ebro, Levante, Promontorio Balear, Mar de Alborán).

2.2. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL

Las variables abióticas han sido tradicionalmente consideradas las responsables de la organización de las comunidades vegetales de marismas y estuarios. Sin embargo, en los últimos años, un gran número de trabajos científicos ha puesto de manifiesto la importancia de las interacciones entre especies en determinar el mantenimiento de la estructura de las comunidades y en mecanismos de sucesión secundaria después de perturbaciones.

La importancia de los factores abióticos de control (estrés ambiental) a la hora de determinar la franja litoral de distribución que ocupan estas comunidades resulta ser menor en su límite superior de distribución debido a una mayor influencia de factores biológicos (competencia, facilitación) (Castillo *et al.*, 2008), mientras que su límite inferior de distribución esta controlado por factores físicos (Castejano *et al.*, 2002, Crain *et al.*, 2004).

Los modelos existentes predicen que la importancia de los procesos de facilitación domina cuando el estrés ambiental es más elevado, mientras que los efectos competitivos son más importantes en situaciones de bajo estrés (Bertness y Callaway, 1994; Bertness & Leonard, 1997; Callaway & Walker, 1997). El estrés ambiental (salinidad e inundación) puede variar de forma predecible en marismas y estuarios en función de la elevación y de la intensidad de las perturbaciones (Bertness & Ellison, 1987; Brewer *et al.*, 1997) por lo que sería posible predecir la dominancia de cada tipo de interacción. Re-

cientemente, sin embargo, un meta-análisis de diversos estudios desarrollados en ecosistemas áridos ha señalado que la presencia de especies vecinas no produjo efecto facilitador o inhibidor significativo en situaciones de elevado estrés abiótico, por lo que los procesos de facilitación no aumentan necesariamente con el aumento del estrés ambiental (Maestre *et al.*, 2005).

2.2.1. Factores abióticos

a) Régimen de mareas

El régimen y amplitud de las mareas (o diferencia entre la pleamar y bajamar) es un elemento básico que controla la distribución de *Spartina* spp. en este tipo de hábitat. Con objeto de delimitar subtipos procede distinguir claramente entre poblaciones situadas en el área mediterránea (baja amplitud mareal) y las poblaciones situadas en la costa atlántica (alta amplitud mareal). A su vez, el régimen mareal tiene una influencia decisiva en todos los factores, tanto bióticos como abióticos, que se consideran en este informe.

Un tipo de perturbación natural muy frecuente en las poblaciones de *Spartina* spp., y estrechamente ligada al régimen y amplitud mareales, es la acumulación de detritos flotantes. La acumulación de restos vegetales flotantes es muy frecuente en estuarios con alta productividad, y puede llegar a “enterrar” las poblaciones de *Spartina* spp. ya establecidas. Este tipo de perturbación es el más frecuente en marismas de Nueva Inglaterra (EEUU) según (Brewer *et al.*, 1989). Estos autores indican que este fenómeno es responsable de una parte importante de la mortalidad de *Spartina patens*, produciendo claros en la vegetación y facilitando el establecimiento de especies anuales como *Salicornia* spp. y *Atriplex* spp. Se desconoce el efecto de este proceso en poblaciones de *Spartina* spp. en la Península Ibérica y cómo podría afectar a su límite superior de distribución y a las relaciones de competencia con especies invasoras de *Spartina* spp. cuando se producen claros en la vegetación. Cabe señalar que esta acumulación de

restos vegetales flotantes capaces de producir claros en las poblaciones de *Spartina* spp. es relativamente frecuente en el estuario del Guadalquivir (Espinar, comunicación personal).

b) Elevación

Dada la importancia funcional de las poblaciones de *Spartina maritima* en costas y estuarios (ver sección Bienes y Servicios) y la presión a la que están sometidas (principalmente alteración de la dinámica litoral, erosión y presencia de especies invasoras) estas comunidades han sido objeto de diversos estudios, principalmente en las costas de Andalucía (estuarios del Tinto-Odiel y del Guadalquivir), que permiten sentar las bases con las que delimitar su hábitat.

Con relación a la elevación topográfica, Castillo *et al.* (2000) compararon el éxito en el establecimiento a corto plazo de clones de *Spartina maritima* con la especie invasora *Spartina densiflora* mediante el trasplante de clones a lo largo de un gradiente de elevación en la Marismas del Odiel. Los autores determinaron que por debajo de +1,04 m (sobre el Cero Hidrográfico Español) ninguno de los clones transplantados sobrevivieron; a +1,41 m, sólo los clones de *Spartina maritima* sobrevivieron, y entre +1,46 y +1,67 m, los clones de ambas especies presentaron altos porcentajes de supervivencia. En general, el crecimiento relativo de los vástagos aumentó con la elevación, pero *Spartina densiflora* presentó una respuesta peor a bajas elevaciones. *Spartina densiflora* presentó estrés fotosintético a bajas elevaciones, mientras que *Spartina maritima* mantuvo una buena respuesta en casi todas las elevaciones.

Castillo *et al.* (2000), además, establecieron el límite inferior de las poblaciones de *Spartina densiflora* a unos +2.00 m en las Marismas del Odiel. Por otro lado, el límite inferior de poblaciones en expansión de *S. maritima* se situó también a +2,00 m en esta zona de estudio, aunque se observaron algunos clones que no presentaban expansión a +1.67 m (Castellanos *et al.*, 1994, 1998). A su vez, la elevación determina la duración del período de inundación y ésta influye decisivamente sobre la proporción de compuestos reducidos de azufre que son los mayores responsables del potencial redox del sedimento en este tipo de hábitat. Estos factores son los que finalmente determinarían la supervivencia de ambas especies, especialmente a largo plazo. Por tanto, la elevación

influye de forma directa en la distribución de *Spartina maritima* y, a su vez, en las posibilidades de ser desplazada por especies invasoras como *Spartina densiflora*. Castillo *et al.* (2005) ponen de manifiesto que *Spartina maritima* posee una gran plasticidad al sobrevivir con éxito a trasplantes fuera de su hábitat natural. Por último, Mateos-Naranjo *et al.* (2007) han constatado cómo la inundación prolongada reduce el crecimiento y la eficiencia fotosintética de *Spartina densiflora*.

c) Dinámica de sedimentación

La dinámica de sedimentación es también un proceso importante, capaz de modelar las características del hábitat que, a su vez, resulta de la interacción de diversos factores. El propio crecimiento del clon de *Spartina maritima* atrapa parte del sedimento que se resuspende en cada pulso mareal. Esto termina produciendo una elevación del sustrato que hace disminuir el período de inundación que, a su vez, promueve la oxigenación del sustrato e incrementa el potencial redox. Este conjunto de factores facilita el establecimiento de *Sarcocornia perennis* sobre estas elevaciones, extendiéndose de forma radial y relegando a *Spartina maritima* a los bordes del clon donde los valores de potencial redox del sedimento son muy negativos (Castellanos *et al.*, 1994; Castellanos *et al.*, 2000). Los autores indican que se trata de un proceso natural de sucesión en estas comunidades pero que, obviamente, se puede ver alterado por la modificación de la dinámica litoral como consecuencia de la construcción de diques, dragados, puertos deportivos, alteración de drenajes naturales, y demás obras que afecten las corrientes litorales y, por consiguiente, la dinámica de sedimentación.

Figuroa *et al.* (2003) indican que la acumulación de sedimento en poblaciones de *Spartina maritima* puede suponer una elevación media anual de 3,5 cm, facilitando la colonización de especies como *Sarcocornia perennis* que se expanden y acaban sustituyendo a *Spartina maritima*, sobre todo, en su límite superior de distribución. Esto constituye un claro ejemplo de cómo factores abióticos (sedimentación) determinan factores abióticos (relaciones de competencia entre especies). En ecosistemas litorales estas interacciones son constantes por lo que es especialmente difícil separar factores bióticos de abióticos y factores funcionales de factores estructu-

rales. En sistemas como el estuario del Río Tinto y Odiel, las praderas de *Spartina maritima* desempeñan un papel fundamental en la retención y estabilización de sedimentos (Castellanos *et al.*, 1998).

En marismas bajo clima mediterráneo, los patrones de erosión y sedimentación asociados a estuarios constituyen elementos geomorfológicos responsables de la fisiografía de marismas mareales y estuarios. Los aportes de sedimentos de origen continental presentan una fuerte estacionalidad, asociada a las variaciones de caudal, típica de climas mediterráneos.

d) Pendiente de la zona intermareal

El grado de inclinación de la pendiente de la zona intermareal constituye un elemento fundamental debido, una vez más, al efecto de este factor sobre otros condicionantes. La mayor o menor pendiente puede, por sí misma, delimitar el espacio físico sobre el que se asientan estas comunidades, pero también, puede modificar la intensidad de las perturbaciones físicas sobre las poblaciones por exposición al oleaje, condicionar la dinámica de inundación y acumulación de restos vegetales flotantes, o determinar la dinámica de sedimentación en poblaciones ya establecidas. La pendiente de la zona mareal puede, a su vez, estar determinada por varios factores, entre ellos, el tipo de sustrato y el grado de exposición al oleaje.

e) Condiciones del sedimento: salinidad y potencial redox

En general, la salinidad supone un factor de estrés importante que evita la competencia con especies de humedales costeros como *Scirpus* spp. o *Juncus* spp. Castillo *et al.* (2005) concluyen que la especie invasora *S. densiflora* posee un amplio rango de tolerancia a la salinidad ya que muestra buen crecimiento y capacidad fotosintética a concentraciones salinas de entre 0,5 y 20 ppm.

A gran escala, la salinidad es un factor que tradicionalmente se ha descrito como responsable de la zonación de las comunidades vegetales en ecosistemas costeros. Sin embargo, las particularidades del sedimento sobre el que se establecen las especies de *Spartina* spp. (típicamente materiales finos, poco compactados, dominados por limo y arcilla), permiten establecer otras posibles causas.

En el caso de *Spartina maritima*, la tolerancia a los efectos tóxicos del sulfuro en el sedimento, en condiciones de anoxia durante la inundación, es el mecanismo que mejor explica la distribución de esta especie en las Marismas de Ortigueira, Galicia (Otero *et al.*, 1999). En el caso de *Spartina densiflora*, se ha descrito el potencial redox como un factor limitante de las fases de germinación y reclutamiento de esta especie en las zonas de marismas bajas caracterizadas por bajos potenciales redox (Mateos-Naranjo, 2008).

2.2.2. Factores bióticos

a) Interacciones biológicas: facilitación y competencia

De manera muy general, las interacciones biológicas entre especies vegetales se pueden clasificar como: (1) interacciones negativas o competencia entre especies, cuando dos especies que comparten los mismos requerimientos ecológicos compiten por los mismos recursos, (2) interacciones positivas o facilitación, cuando la presencia de una especie modifica las condiciones ambientales favoreciendo el establecimiento de otras especies. Obviamente, competencia y facilitación son dos conceptos estrechamente conectados; además, su influencia relativa puede variar en una misma comunidad de manera estacional o en función del nivel de estrés producido por variables abióticas (salinidad, inundación, nutrientes, etc.).

En condiciones de alta salinidad, las plantas pueden interactuar positivamente (facilitación) reduciendo la salinidad del suelo mediante diversos procesos (Bertness, 1991; Bertness & Shumway, 1993; Callaway, 1994). Algunos autores sugieren que la importancia relativa de competencia y facilitación están mediadas por patrones latitudinales, siendo las interacciones positivas (facilitación) más importantes en bajas latitudes (Pennings & Bertness, 1999; Bertness & Ewanchuk, 2002; Ewanchuk & Bertness, 2004). Estos procesos y sus interacciones son aplicables a todos los tipos de hábitat salinos (con elevado estrés ambiental) y pueden tener una importancia determinante sobre las especies anuales.

Spartina maritima se comporta como especie pionera en marismas de la costa Atlántica del sureste de Europa (Castellanos *et al.*, 1994; Castillo *et al.*,

2000), capaz de colonizar marismas con rangos ambientales relativamente amplios (Castellanos *et al.*, 1998). La tolerancia de *Spartina maritima* a la salinidad, la inundación prolongada y la presencia de sedimentos fuertemente reducidos, le permite colonizar áreas en las que otras especies no pueden establecerse. Las principales relaciones de competencia y facilitación se establecen, por lo tanto, en su límite superior de distribución. Se comporta como una especie “ingeniera” (Castellanos *et al.*, 1994; Castillo *et al.*, 2000) ya que las poblaciones establecidas producen una serie de cambios ambientales relacionados con el incremento de la sedimentación, elevación del sustrato, acumulación de nutrientes, aumento de la oxigenación en el sedimento, disminución del período de inundación, del potencial redox y de la formación de sulfuros. Todos estos cambios proporcionan un ambiente ideal para que se establezcan otras especies como *Sarcocornia perennis*, *Sarcocornia frusticosa*, *Arthrocnemum macrostachyum*, *Salicornia* spp. o *Halimione* spp., así como *Spartina densiflora*. Las relaciones de competencia con las nuevas especies se convierten en un factor biológico de control de esas comunidades en su límite superior de distribución. La entrada de nuevas especies se puede producir tras episodios de perturbación que producen claros en las poblaciones de *Spartina maritima*.

En relación con *Spartina alterniflora* la plasticidad fenotípica de las poblaciones en la costa de Louisiana (USA) incrementa la variabilidad de mecanismos de facilitación (sucesión secundaria) sobre otras especies de matorral perenne (Egerova *et al.*, 2003), o sobre especies anuales (como *Salicornia* spp., *Atriplex* spp., *Aster* spp. y *Limonium* spp.) que pueden ocupar el centro de algunos clones tras el colapso de los individuos que ocupaban esa parte central (Proffitt *et al.*, 2005).

b) Herbívoros

La presencia de grandes herbívoros puede afectar de forma decisiva a las poblaciones vegetales. Aunque el hábitat de *Spartina maritima* resulta de difícil acceso para grandes herbívoros, las poblaciones situadas en zonas elevadas pueden verse sometida a ramoneo y, sobre todo, a pisoteo y alteración del sustrato arcilloso. Este factor ha de tenerse en cuenta en la evaluación de estos tipos de hábitat. Las poblaciones de *Spartina densiflora* que ocupan las áreas más elevadas están decididamente sometidas a la presión

de grandes herbívoros, por ejemplo en Doñana (Espinar, comunicación personal). Esta influencia ha sido constatada en otras zonas de marisma media-alta en el estuario de los ríos Tinto y Odiel, y en zonas de los ríos vega y Jara en el Parque Natural del Estrecho (Cádiz) (Mateos-Naranjo, 2007).

No existen trabajos que puedan indicar que la presencia de invertebrados herbívoros sea un factor decisivo en las poblaciones de *Spartina* spp. en nuestras latitudes. Sin embargo en poblaciones americanas de *Spartina alterniflora* y *S. densiflora* el consumo de porciones vegetativas por caracoles (Silliman & Ziemann, 2001) y cangrejos supone un factor importante en el control de su biomasa (Costa *et al.*, 2003; Bortolus, 2003). En las marismas de Louisiana (USA) la presencia de la nutria llega a ser un factor importante en el control de la biomasa de poblaciones de *Spartina* spp. (Gough & Grace, 1998). En los estuarios del Golfo de Cádiz es común la presencia de cangrejos que construyen cavidades en áreas colonizadas por *Spartina* spp., aunque se desconocen sus efectos (Espinar, comunicación personal).

c) Especies invasoras

Las especies invasoras son una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad en los ecosistemas. Teniendo en cuenta que los humedales y los ecosistemas costeros se encuentran entre los sistemas más susceptibles de sufrir invasiones por especies exóticas (Zedler & Kercher, 2004), es necesario generar criterios que ayuden a evaluar dicha susceptibilidad. Esta tarea resulta extremadamente compleja por la cantidad de factores e interacciones que deben contemplarse y el escaso conocimiento del que se dispone.

Pino *et al.* (2006) analizaron la presencia de especies invasoras en diversos hábitat costeros; en tipos de hábitat muy salinos no encontraron diferencias en el número y cobertura de especies invasoras entre sitios alterados y no alterados, mientras que en sistemas de menor salinidad la presencia, cobertura y porcentaje de especies invasoras era mayor en sitios alterados. En tipos de hábitat con fuerte estrés ambiental (salinidad e inundación), el número de especies capaces de producir invasiones exitosas se reduce al grupo de especies capaces de establecerse en esos ambientes, pero, a su vez, también se re-

duce la posibilidad de que exista un gran número de especies nativas capaces de competir con la especie invasora o consumirla, en el caso de herbívoros (Dethier *et al.*, 2005).

Spartina alterniflora (nativa de América del Norte) fue introducida en Europa occidental y ha llegado a producir diversos híbridos con la especie nativa *S. maritima* (Ainouche *et al.*, 2004; Baumel *et al.*, 2003). Su presencia ha sido registrada en la costa cantábrica occidental (Campos *et al.*, 2004; Bañares *et al.*, 2004). Aunque se ha citado la presencia de híbridos de esta especie invasora con *Spartina maritima* en estas costas, son necesarios más estudios citogenéticos para evaluar la abundancia de estas poblaciones de híbridos.

Spartina densiflora es una especie nativa de América del Sur que ha invadido la costa atlántica europea. Es especialmente abundante en las costas del Golfo de Cádiz, donde invade marismas de los estuarios del Guadiana, del río Piedras, de los ríos Tinto y Odiel, del Guadalquivir. En algunas zonas de las marismas del Paraje Natural del Odiel ha invadido comunidades vegetales que ocupan más del 90% de la superficie de este tipo de hábitat, así como en las marismas de la Isla de San Bruno (Estuario del Guadiana) (Mateos-Naranjo, 2008). Esta especie ha demostrado un alto potencia invasor, ya que tan sólo en tres años, se ha convertido en la vegetación dominante de las marismas restauradas en la margen izquierda del río Guadalquivir (Gallego & García Novo, 2007). La elevada productividad de *Spartina densiflora* y el tipo de crecimiento en falange (denso sistema de rizomas que crecen en todas direcciones) producen una fuerte reducción de la luz bajo su dosel. Esto unido a la gran persistencia de sus hojas muertas (Figueroa & Castellanos, 1988) capacita a *Spartina densiflora* para dominar en áreas en las que difícilmente pueden establecerse otras especies perennes o anuales. La presencia de esta especie parece tener un impacto negativo sobre la diversidad ecológica de las comunidades vegetales invadidas.

Además, se ha registrado la presencia de *Spartina patens* en las costas cantábricas (Campos *et al.*, 2004; San León *et al.*, 1999).

En referencia a las especies invasoras conviene resaltar lo siguiente:

- a) Existe un claro riesgo para *Spartina maritima* en la competencia por el hábitat.
- b) La presión urbanística ha eliminado la posibilidad de que las poblaciones de *S. maritima* se desplacen a zonas más elevadas en situaciones de incremento del nivel del mar.
- c) Existe riesgo de pérdida de diversidad genética por creación de híbridos.
- d) No se conocen los requerimientos ecológicos de especies invasoras e híbridos ni qué tipo de interacciones bióticas establecerían con especies de otros tipos de hábitat.

d) Factores genéticos

El género *Spartina* esta compuesto por unas 14 especies. La presencia de híbridos y poliploides es constante en este género (Baumel *et al.*, 2002). La mayor parte de las especies son nativas del continente americano, sólo *Spartina maritima* es nativa de Europa y las costas atlánticas de África.

La diversidad genética a nivel de población es fundamental para que las poblaciones puedan responder con éxito a cambios ambientales. Dada la posición fisiográfica que ocupa, *Spartina maritima* es especialmente vulnerable a los efectos asociados a variaciones del nivel del mar en un escenario de calentamiento global (variaciones del período de inundación, erosión de taludes, cambios en la dinámica de sedimentación).

Yannic *et al.* (2004) detectaron una variabilidad genética extremadamente baja en poblaciones de *Spartina maritima* de las costas atlánticas de Francia y argumentaron como posible causa la propagación, casi exclusivamente, vegetativa de sus poblaciones. La ausencia de regeneración sexual parece ser un fenómeno común en *Spartina* spp. Hartman (1988) encontró una escasa presencia de plántulas en Nueva Inglaterra (EEUU) y un escasísimo banco de semillas de *Spartina densiflora*. Yannic (2004) indicó que *Spartina maritima* raramente produce semillas en las poblaciones de las costas atlánticas europeas. Castellanos *et al.* (1994) también encontraron la ausencia de germinación en poblaciones españolas de *Spartina maritima*.

No se tienen suficientes datos que permitan evaluar la diversidad genética de las poblaciones de *Spartina maritima* así como la abundancia de poblaciones de híbridos con otras especies de este género en la Península Ibérica. Puede que las diferencias climatológicas con referencia a poblaciones del norte de Europa, así como la proximidad y posible flujo genético con poblaciones del norte de África, sean factores que propicien mayor variabilidad genética para *Spartina maritima*. Dada su importancia, este aspecto resulta una línea prioritaria de investigación y un criterio fundamental para evaluar el estado de conservación de este tipo de hábitat.

2.3. SUBTIPOS

Podemos considerar tres subtipos en base a la amplitud de las mareas y el clima.

- **Subtipo I:**
Micromareales de clima atlántico.
- **Subtipo II:**
Mesomareales de clima mediterráneo.
- **Subtipo III:**
Micromareales de clima mediterráneo.

2.4. ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

No se han encontrado datos que indiquen que alguna de las especies de flora y fauna de los anexos II, IV y V presenten una afinidad específica para este tipo de hábitat. Paralelamente, existe poca información en lo referente a peces y micro-invertebrados (por ejemplo, crustáceos).

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado de las especies incluidas en el anexo I de la Directiva de Aves (79/409/CEE) aportado por la Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife).

2.5. EXIGENCIAS ECOLÓGICAS

La mayor parte de la información disponible referente a los requerimientos de *Spartina maritima* corresponde a los subtipos I y II. Existe, sin embargo, poca información sobre este tipo de hábitat en la vertiente mediterránea (subtipo III).

- **Clima:**
Atlántico-oceánico o mediterráneo.
- **Geomorfología:**
Ocupan áreas litorales (marismas y estuarios) con pendiente variable y sometidos a inundación mareal diaria.
- **Edafología:**
Sustratos constituidos por depósitos marinos o estuarinos recientes, mayoritariamente limos y arcillas de elevada salinidad y bajo potencial reductor.
- **Dinámica del sistema:**
Sistemas sometidos a elevadas perturbaciones. Inundación mareal diaria, elevada salinidad, exposición a corrientes y oleaje, y sedimentación.
- **Sucesión:**
Este tipo de hábitat se comporta como pionero por lo que facilita la sucesión para especies características de las áreas litorales de otros tipos de hábitat de interés como 1310 Vegetación halonitrófila anual sobre suelos salinos poco evolucionados y 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fruticosi*).
- **Especies características y diagnósticas**
En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado de las especies características y diagnósticas aportado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM), la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP) y la Sociedad Española de Ornitología (SEO).



3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

3.1. DETERMINACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA SUPERFICIE OCUPADA

La determinación de la superficie se ha obtenido a partir de la información disponible en la red Natura 2000 (enero 2006), *Primer Inventario Na-*

cional de Hábitats de España (marzo 2005) y *Atlas de los Hábitat de España* (inédito)

Tabla 3.1

Estimación del área ocupada y su evolución en el tiempo del tipo de hábitat 1320 por regiones biogeográficas.

Región biogeográfica		Atlántica (ATL)
Área de distribución ⁽¹⁾	Superficie en km ²	
	Fecha de determinación	
	Calidad de los datos: 3, buena; 2, mediana; 1, pobre	
	Tendencia: 0, estable; + xx %; - xx %.	
	Período evaluado	
	Razones que explican la tendencia indicada: 0, desconocidas; 1, mejora del conocimiento/datos más precisos; 2, cambio climático; 3, influencia humana directa (restauración, deterioro, destrucción); 4, influencia antropogénica/zoogénica indirecta; 5, procesos naturales; 6, otras (especificar)	
Superficie abarcada dentro del área de distribución	Superficie en km ²	4.722,3039
	Fecha de determinación	2006
	Método utilizado: 3, estudio sobre el terreno; 2, basado en datos de sensores remotos; 1, solo o principalmente basado en el criterio de expertos	3 y 1
	Calidad de los datos: 3, buena; 2, mediana; 1, pobre	2
	Tendencia: 0, estable; + xx %; - xx %.	Aumento
	Período evaluado	1996-2006
	Razones que explican la tendencia indicada: 0, desconocidas; 1, mejora del conocimiento/datos más precisos; 2, cambio climático; 3, influencia humana directa (restauración, deterioro, destrucción); 4, influencia antropogénica/zoogénica indirecta; 5, procesos naturales; 6, otras (especificar)	1
	Principales presiones	Alteraciones del litoral. Aumento nivel del mar. Especies invasoras
Amenazas		

► Continuación Tabla 3.1

Región biogeográfica	Atlántica (ATL)	
Información complementaria	Área de distribución de referencia favorable en km ²	
	Superficie de referencia favorable en km ²	

Región biogeográfica	(MED)	
Área de distribución	Superficie en km ²	
	Fecha de determinación	
	Calidad de los datos: 3, buena; 2, mediana; 1, pobre.	
	Tendencia: 0, estable; + xx %; - xx %.	
	Período evaluado	
	Razones que explican la tendencia indicada: 0, desconocidas; 1, mejora del conocimiento/datos más precisos; 2, cambio climático; 3, influencia humana directa (restauración, deterioro, destrucción); 4, influencia antropogénica/zoogénica indirecta; 5, procesos naturales; 6, otras (especificar).	
Superficie abarcada dentro del área de distribución	Superficie en km ²	19,65
	Fecha de determinación	2006
	Método utilizado: 3, estudio sobre el terreno; 2, basado en datos de sensores remotos; 1, solo o principalmente basado en el criterio de expertos.	3 y 1
	Calidad de los datos: 3, buena; 2, mediana; 1, pobre.	2
	Tendencia: 0, estable; + xx %; - xx %.	Aumento
	Período evaluado	1996-2006
	Razones que explican la tendencia indicada: 0, desconocidas; 1, mejora del conocimiento/datos más precisos; 2, cambio climático; 3, influencia humana directa (restauración, deterioro, destrucción); 4, influencia antropogénica/zoogénica indirecta; 5, procesos naturales; 6, otras (especificar).	1
	Principales presiones	Alteraciones del litoral. Aumento nivel del mar. Especies invasoras.
Amenazas		
Información complementaria	Área de distribución de referencia favorable en km ²	
	Superficie de referencia favorable en km ²	

VALORACIÓN	
REGIÓN BIOGEOGRÁFICA ATLÁNTICA	
Área de distribución	XX
Superficie ocupada dentro del área de distribución	XX

Favorable (FV); Inadecuada (U1); Mala (U2); Desconocida (XX).

VALORACIÓN	
REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA	
Área de distribución	XX
Superficie ocupada dentro del área de distribución	XX

Tabla 3.2

Valoración del área de distribución y de la superficie ocupada dentro del área de distribución para el tipo de hábitat 1320.

3.2. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

■ Especie nativa:

- *Spartina maritima*

■ Especies invasoras:

- *Spartina densiflora*
- *Spartina alterniflora*
- *Spartina patens*

Estos tipos de hábitat se caracterizan por poblaciones monoespecíficas.

En los casos de las especies invasoras (*Spartina densiflora*, por ejemplo) pueden compartir las zonas litorales de los tipos de hábitat 1310 Vegetación halonitrófila anual sobre suelos salinos poco evolucionados, 1410 Pastizales salinos mediterráneos (*Juncetalia maritimi*), 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fruticosi*) y 1330 Pastizales salinos atlánticos (*Glaucopuccinellietalia maritimae*).

A pesar de la presencia de diversas especies invasoras y diversos híbridos en poblaciones casi “naturalizadas”, para una correcta evaluación del estado de conservación de estos tipos de hábitat es necesario constatar la presencia y estado de conservación de *Spartina maritima*.

A pesar de que las especies invasoras pueden tener un amplio rango de tolerancia a condiciones ambientales, *Spartina densiflora* es un especie que puede caracterizar la región biogeográfica Atlántica de clima mediterráneo (zona del Estrecho y Golfo de Cádiz), mientras que *Spartina alterniflora* y *Spartina patens* caracterizarían la región biogeográfica

Atlántica de clima Atlántico-oceánico (margen gallego, margen astur-occidental, margen astur-oriental y Santander-País Vasco).

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado de las especies típicas aportado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) y la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

3.3. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIONES

3.3.1. Factores, variables y/o índices

Considerando la caracterización ecológica y los requerimientos de *Spartina maritima* y, teniendo en cuenta, la peculiaridad de este tipo de hábitat, se proponen diversos factores/variables:

a) Variable 1: área potencial de desplazamiento

Cuantificación de la superficie ocupada por construcciones en primera línea de pleamar. Presencia de estructuras que eviten el desplazamiento de la banda de *Spartina maritima* (o *Spartina* spp.) ante un eventual incremento del nivel del mar.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo estructural.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: Porcentaje de la superficie total de la población que presenta construcciones en primera línea de pleamar.
- Procedimiento de medición: teledetección.

- Tipología de “Estados de conservación”: 0% favorable, <50% desfavorable-inadecuado, >50% desfavorable-malo.

Las condiciones de referencia han de ser definidas con más detalle, pero, en general, pueden variar dependiendo de la pendiente de la zona mareal, región biogeografía, amplitud mareal y de la identidad de las especies (especies invasoras frente a especie nativa).

b) Variable 2: dinámica litoral

Presencia de diques, espigones, dragados y/o alteraciones de la dinámica litoral natural. Presencia de estructuras que modifiquen la dinámica de corrientes litorales o corrientes asociadas a estuarios, pudiendo afectar a la dinámica de sedimentación/erosión.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo funcional.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: por definir.
- Procedimiento de medición: teledetección.
- Tipología de “Estados de conservación”: por definir.

Las condiciones de referencia han de ser definidas, pero en general, variarán dependiendo de la región biogeografía y la amplitud mareal.

c) Variable 3: cloacas y/o vertidos industriales. Aportes de áridos

Presencia de vertidos en las proximidades de los tipos de hábitat.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo funcional.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: por definir.
- Procedimiento de medición: teledetección y evaluación sobre el terreno.
- Tipología de “Estados de conservación”: por definir.

Las condiciones de referencia han de ser definidas en base a la Directiva Marco del Agua (DMA) y a los requerimientos de las especies.

d) Variable 4: hábitat potencial

Se definirá para cada población la amplitud mareal y la pendiente de la zona mareal. Éstas variarán en función de la fisiografía de la costa, dinámica de sedimentación/erosión y del régimen de mareas (vertiente atlántica frente a mediterránea).

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo funcional.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: por definir. Para el cálculo de la superficie colonizada o potencialmente adecuada para las poblaciones de *Spartina* spp., se recomienda que se tome como referencia los requerimientos de *Spartina maritima*.
- Procedimiento de medición: teledetección y evaluación sobre el terreno.
- Tipología de “Estados de conservación”: por definir. Ver la tabla 3.3 como posible aproximación.

Variable	Valoración de la amplitud potencial del hábitat.		
	Favorable	Desfavorable -inadecuado-	Desfavorable -malo-
Amplitud potencial del hábitat	Elevada amplitud mareal. Baja pendiente zona intermareal.	-Elevada amplitud mareal y elevada pendiente zona intermareal. Baja amplitud mareal y baja pendiente zona intermareal.	Baja amplitud mareal y elevada pendiente zona intermareal.

Tabla 3.3

Valoración de la amplitud potencial del tipo de hábitat de interés comunitario 1320.

e) **Variable 5: tamaño de la población**

El tamaño de la población puede ser un factor importante en situaciones de baja variabilidad genética y escaso flujo genético con otras poblaciones o regiones biogeográficas.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo estructural.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: superficie ocupada por las poblaciones de *Spartina* spp.
- Procedimiento de medición: teledetección y evaluación sobre el terreno.
- Tipología de “Estados de conservación”: estos criterios han de ser definidos para *Spartina maritima* (ver tabla resumen 3.4).

f) **Variable 6: cobertura-Densidad de la Población**

La cobertura y/o densidad de la población puede ser una buena estima de su productividad y su estado de conservación.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo funcional.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: cuantificación de la cobertura-densidad.
- Procedimiento de medición: teledetección. Fotografías aéreas. Uso de índices, como NDVI (ver Goward *et al.*, 1991; Gu *et al.*, 2007; Weier y Herring, 2007).

- Tipología de “Estados de conservación”: estos criterios han de ser definidos para *Spartina maritima* en base al estudio de localidades de referencia (ver tabla resumen 3.4).

g) **Variable 7: presencia de especies invasoras y/o híbridos**

Las poblaciones nativas pueden ser desplazadas por especies invasoras y/o híbridos.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo estructural.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): obligatoria.
- Propuesta de métrica: cuantificación del área ocupada.
- Procedimiento de medición: teledetección y muestreos directos.
- Tipología de “Estados de conservación”: estos criterios han de ser definidos para *Spartina maritima* en base al estudio de localidades de referencia y a los efectos perjudiciales que cada especie invasora pueda tener en este tipo de hábitat (ver tabla resumen 3.4)

h) **Variable 8: variabilidad genética de la población**

La diversidad genética de cada población es fundamental para que éstas puedan responder con éxito a cambios ambientales.

- Tipo de variable (estructural/funcional): tipo funcional.
- Aplicabilidad (obligatoria/recomendada): recomendada.

- Propuesta de métrica: índices de diversidad genética (ver Yannic *et al.*, 2004).
- Procedimiento de medición: muestreos directos.
- Tipología de “Estados de conservación”: estos criterios han de ser definidos para *Spartina maritima* en base al estudio de localidades de referencia (ver tabla resumen 3.4).

3.3.2. Protocolo para determinar el estado de conservación global de la estructura y funciones

La tabla 3.4 resume el protocolo para la valoración del estado de conservación en función de las variables consideradas.

Tabla 3.4

Protocolo para la valoración del estado de conservación del tipo de hábitat de interés comunitario 1320.

Variable	Valoración de la amplitud potencial del hábitat		
	Favorable	Desfavorable -inadecuado-	Desfavorable -malo-
Hábitat potencial	Áreas de gran amplitud mareal y baja pendiente de zona intermareal		Áreas de pequeña amplitud mareal y elevada pendiente de zona intermareal
Área potencial de desplazamiento	Sin estructuras en límite superior de marea que impidan desplazamiento de poblaciones		Estructuras en límite superior de marea que impidan desplazamiento de poblaciones
Cloacas-Vertidos / Aportes de áridos	Ausencia		Presencia
Dinámica litoral	Sin diques, espigones, dragados o estructuras que puedan alterar la dinámica natural de corrientes litorales		Diques, espigones o estructuras que puedan alterar la dinámica natural de corrientes litorales
Tamaño población Flujo genético	Poblaciones grandes, cercanas a otras poblaciones y evidencia de reproducción sexual. Elevada variabilidad genética		Poblaciones pequeñas, aisladas, y ausencia de reproducción sexual. Baja variabilidad genética
Cobertura-densidad	Elevada cobertura-densidad		Baja cobertura-densidad
Especies invasoras y/o híbridos	<i>Spartina maritima</i>		Presencia de <i>Spartina densiflora</i> , y/o <i>S. alterniflora</i> y/o <i>S. patens</i> y/o híbridos
Diversidad genética de la población	Elevada diversidad genética		Baja diversidad genética

3.3.3. Protocolo para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación de la estructura y funciones

■ Seguimiento intensivo:

- Caracterización inicial para determinar el estado de conservación.
- Seguimiento con una frecuencia de muestreo, al menos, anual.

Se proponen las siguientes “estaciones de referencia” de este tipo de hábitat:

Subtipo mesomareal mediterráneo: Marismas del Guadiana, Marismas del Piedras, Marismas del Odiel y Marismas de Doñana, éstas últimas incluidas en la red REDOTE (www.redote.org/).

Subtipo mesomareal atlántico: Marismas de Santoña y Marismas de Ría de Ortigueira

Subtipo micromareal mediterráneo:
Delta del Ebro.

■ Seguimiento de baja intensidad

- Caracterización inicial para determinar el estado de conservación.
- Seguimiento de baja intensidad: al menos, cada 5 años.

Se proponen todas las localidades donde se ha constatado la presencia de este tipo de hábitat en España (*Atlas de los Hábitat de España*) y, además, las Zonas de Especial Conservación (ZEC).

3.4. EVALUACIÓN DE LAS PERSPECTIVAS DE FUTURO

Considerando la enorme presión sobre las zonas costeras y las predicciones sobre el incremento del nivel del mar en un escenario de cambio climático, la valoración resultante es mala.

VALORACIÓN		VALORACIÓN	
REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA		REGIÓN BIOGEOGRÁFICA ATLÁNTICA	
Perspectivas futuras	U2	Perspectivas futuras	U2

Favorable (FV); Inadecuada (U1); Mala (U2); Desconocida (XX).

Tabla 3.5

Valoración de las perspectivas futuras del tipo de hábitat de interés comunitario 1320 por regiones biogeográficas.

3.5. EVALUACIÓN DEL CONJUNTO DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

No se disponen de suficientes datos que permitan evaluar de forma global el estado de conservación de este tipo de hábitat.

En base a Luque *et al.* (2005) podemos calificar de “inadecuado” el estado de conservación de dichas localidades en lo referente a las costas de Andalucía, debido, principalmente, a la amplísima presencia de *Spartina densiflora*.

VALORACIÓN		VALORACIÓN	
REGIÓN BIOGEOGRÁFICA MEDITERRÁNEA		REGIÓN BIOGEOGRÁFICA ATLÁNTICA	
Evaluación del conjunto del estado de conservación	XX	Evaluación del conjunto del estado de conservación	XX

Favorable (FV); Inadecuada (U1); Mala (U2); Desconocida (XX).

Tabla 3.6

Valoración de la evaluación del conjunto del estado de conservación del tipo de hábitat de interés comunitario 1320 por regiones biogeográficas.



4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

Se establecen las siguientes recomendaciones de forma genérica:

- Evitar el depósito de áridos y vertidos de residuos en áreas próximas.
- Evitar las construcciones en el litoral. La presencia de estructuras (edificios, paseos litorales, puertos deportivos y espigones) impiden el desplazamiento de las poblaciones de *Spartina* spp. en situaciones de incremento medio del nivel del mar. La declaración de una zona protegida en el límite superior que ocupa este tipo de hábitat es fundamental para asegurar su conservación a largo plazo.
- Evitar, en la medida de lo posible, las alteraciones de la dinámica litoral (diques, espigones, dragados) que puedan modificar la dinámica natural de sedimentación-erosión en estos tipos de hábitat.
- Evaluar la variabilidad genética de las poblaciones, así como la presencia de especies invasoras e híbridos.
- Conservar la superficie que ocupan y evitar la fragmentación de las poblaciones existentes.
- Desarrollar metodologías para evitar el efecto de la erosión derivado del oleaje provocado por el tránsito marítimo.
- Desarrollar programas de difusión y concienciación social sobre el valor de este tipo de hábitat y su importancia ecológica, funcional y paisajística.



5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

5.1. BIENES Y SERVICIOS

- Protección de la costa contra la erosión.
- Pueden constituir una herramienta importante para facilitar la sucesión en áreas restauradas.
- Cobijan un gran número de especies de interés pesquero al otorgar refugio y fuente de alimento.
- Igualmente, constituyen el hábitat de un gran número de aves.
- Elevado potencial biotecnológico en relación con la retención y acumulación de metales pesados.

5.2. LÍNEAS PRIORITARIAS DE INVESTIGACIÓN

- Determinar los factores ambientales que condicionan la distribución de todas las especies de este tipo de hábitat (*Spartina maritima*, *Spartina densiflora*, *Spartina alterniflora* y *Spartina patens*).
- Evaluar la variabilidad genética de las poblaciones de *Spartina maritima*, así como de las especies invasoras y sus posibles híbridos.
- Evaluar cómo la presencia de especies invasoras modifica los mecanismos de control biológico (facilitación y competencia), así como la sucesión en este tipo de hábitat y sus relaciones con tipos de hábitat colindantes (1310 Vegetación halonitrófila anual sobre suelos salinos poco evolucionados, 1410 Pastizales salinos mediterráneos (*Juncetalia maritimi*), 1420 Matorrales halófilos mediterráneos y termoatlánticos (*Sarcocornetea fruticosi*) y 1330 Pastizales salinos atlánticos (*Glauco-Puccinellietalia maritimae*)).
- Determinar las causas que condicionan que unas comunidades sean más susceptibles a ser invadidas por especies invasoras y el papel de las especies nativas en resistir estas invasiones.
- Incentivar la colaboración científica internacional con centros de investigación de países en los que las especies invasoras de *Spartina* están siendo estudiadas desde hace años (por ejemplo, www.spartina.org/).



6. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- AINOUCHE, M.L., BAUMEL, A., SALMON, A., & YAN-
NIC, G., 2004. Hybridization, Polyploidy and
Speciation in *Spartina* (Poaceae). *New Phytologist*
161: 165-172.
- BAÑARES Á., BLANCA G., GÜEMES J., MORENO J.C.
& ORTIZ S. (eds.) 2004. Atlas y Libro Rojo de la
Flora Vascular Amenazada de España. Madrid:
Dirección General de Conservación de la Natu-
raleza.
- BAUMEL, A., AINOUCHE, M.L., BAYER, R.J., AI-
NOUCHE A.K., MISSET, M.T., 2002. Molecular
Phylogeny of Hybridizing Species from the Ge-
nus *Spartina* Schreb (Poaceae). *Molecular Phylo-
genetics and Evolution* 22: 303-314
- BAUMEL, A., AINOUCHE, M.L., MISSET, M.T.,
GOURRET, M.T. & BAYER, R.J., 2003. Genetic
Evidence for Hybridization Between the Native
Spartina maritima and the Introduced *Sparti-
na alterniflora* (Poaceae) in South-West France:
Spartina X neyrautii re-examined. *Plant Systema-
tics and Evolution* 237: 87-97.
- BERTNESS, M.D., 1991. Interspecific Interactions
Among High Marsh Perennials in a New En-
gland Salt Marsh. *Ecology* 72: 125-137.
- BERTNESS, M.D., & ELLISON, A.M., 1987. Deter-
minants of Pattern in a New England Salt Mar-
sh Plant Community. *Ecological Monographs* 57:
129-147.
- BERTNESS, M.D., & R. CALLAWAY., 1994. Positive
Interactions in Communities. *Trends in Ecology
and Evolution* 9: 19-193.
- BERTNESS, M.D., & SHUMWAY, S.W., 1993. Com-
petition and Facilitation in Marsh Plants. *Ameri-
can Naturalist* 142: 718-724.
- BERTNESS, M.D., & LEONARD, G.H., 1997. The
Role of Positive Interactions in Communities:
Lessons from Intertidal Habitats. *Ecology* 78:
1.976-1.989.
- BREWER, J.S., LEVINE, J.M. & BERTNESS, M.D.,
1997. Effects of Biomass Removal and Elevation
on Species Richness in a New England Salt Mar-
sh. *Oikos* 80: 333-341.
- BREWER, J.S., LEVINE, J.M., & BERTNESS, M.D.,
1998. Interactive Effects of Elevation and Burial
With Wrack on Plant Community Structure in
Rhode Island Salt Marshes. *The Journal of Ecolo-
gy*. 86: 125-136.
- CALLAWAY, R.M. 1994. Facilitative and Interfering
Effects of *Arthrocnemum subterminale* on Winter
Annuals. *Ecology* 75: 681-686.
- CALLAWAY, R.M. & WALKER, L.R., 1997. Competi-
tion and Facilitation: A Synthetic Approach to
Interactions in Plant Communities. *Ecology* 78:
1.958-1.965.
- CAMPOS J.A. HERRERA, M., BIURRUN, I. & LOIDI,
J., 2004. The Role of Alien Plants in the Natural
Coastal Vegetation in Central-Northern Spain.
Biodiversity and Conservation 13: 2.275-2.293.
- CASTELLANOS, E.M., HEREDIA, C., FIGUEROA, M.E.
& DAVY, A.J., 1998. Tiller Dynamic in *Spartina
maritima* Successional and Non-Successional
Mediterranean Salt Marsh. *Plant Ecology* 137:
13-225.
- CASTELLANOS, ELOY, M., NIEVA, F., JAVIER J., CAS-
TILLO, JESÚS, M., LUQUE, CARLOS J. & FIGUEROA
ENRIQUE., M., 2000. Successional and Compe-
titive Mechanisms During Early Succession in a
Tidal Salt-Marsh. *Proceedings IAVS Symposium*.
pp 67-70.
- CASTELLANOS, E.M., FIGUEROA, M.E. & DAVY, A.J.,
1994. Nucleation and Facilitation in Saltmarsh
Succession: Interactions Between *Spartina ma-
ritima* and *Arthrocnemum perenne*. *Journal of Eco-
logy* 82. 239-248.
- CASTILLO, J.M., L. FERZANDEZ-BACO, E.M. CASTE-
LLANOS, C.J. LUQUE, M.E. FIGUEROA & DAVY,
A. J., 2000. Lower Limits of *Spartina densiflora*
and *S. maritima* in a Mediterranean Salt Marsh
Determined by Different Ecophysiological Tole-
rances. *Journal of Ecology* 88: 801-812.
- CASTILLO, J. M., RUBIO-CASAL, A.E., REDONDO,
S., ÁLVAREZ-LÓPEZ, A.A., LUQUE, T., LUQUE, C.,
NIEVA, F.J., CASTELLANOS, E.M., & FIGUEROA,
M.E., 2005. Short-Term Responses to Salinity

- of an Invasive Cordgrass. *Biological Invasions* 7: 29-35
- CASTILLO, J.M., REDONDO, S., WHARMBY, C., FIGUEROA, M.E., LUQUE, T., CASTELLANOS, E.M. & DAVY, A.J., 2005. Environmental Determination of Shoot Height in Populations of the Cordgrass. *Spartina maritima*. *Estuaries* 28: 761-766.
- CASTILLO, J.M., MATEOS-NARANJO, E., NIEVA, F. J. & FIGUEROA M.E., 2008. Plant Zonation at Salt Marshes of the Endangered Cordgrass *Spartina maritima* invaded by *Spartina densiflora*. Aceptado.
- COSTA, C.B., MARANGONI, J.C. & AZEVEDO, A.M. G., 2003. Plant Zonation in Irregularly Flooded Salt Marshes: Relative Importance of Stress Tolerance and Biological Interactions. *Journal of Ecology* 91: 951-965.
- CRAIN, C.M., SILLIMAN, B.R., BERTNESS, S.L. & BERTNESS, M.D., 2004. Physical and Biotic Drivers Of Plant Distribution Across Estuarine Salinity Gradients. *Ecology* 85: 2.539-2.549 p.
- DETHIER, M.D. & HACKER, S.D., 2005. Physical Factors vs. Biotic Resistance In Controlling the Invasion of an Estuarine Marsh Grass. *Ecological Applications* 15: 1.273-1.283 p.
- EGEROVA, J, PROFFITT C.E., TRAVIS S.E., 2003. Facilitation of Survival and Growth of *Baccharis halimifolia* L. by *Spartina alterniflora* Loisel. in a Created Louisiana Salt Marsh. *Wetlands* 23: 250-256
- EWANCHUK, P.J. & BERTNESS, M.D., 2004. Structure and Organization of a Northern New England Salt Marsh Plant Community. *Ecology* 92: 72-85.
- FIGUEROA, M.E. & CASTELLANOS, E M., 1988. Vertical Structure of *Spartina maritima* and *Spartina densiflora* in Mediterranean Marshes. In: *Plant Form and Vegetation Structure* Werger, M.J.A.; Van der Aart, P.J.M., During, H.J. & Verhoeven, J.T.A. (eds.). La Haya, Holanda: SPB Academic Publishing, pp. 105-108.
- FIGUEROA, M.E., CASTILLO, J.M., REDONDO, S., LUQUE, T., CASTELLANOS, E.M., NIEVA, F.J., LUQUE, C.J., RUBIO-CASAL, A.E. & DAVY, A.J., 2003. Facilitated Invasion by Hybridization of *Sarcocornia* species in a Salt-Marsh Succession. *Journal of Ecology* 91: 616-626.
- GALLEGO, J.B. & GARCIA-NOVO, F., 2008. High-Intensity Versus Low-Intensity Restoration Alternatives of a Tidal Marsh in Guadalquivir Estuary, SW Spain. *Ecological engineering* 30: 112-121.
- GOUGH, L. & GRACE, J.B., 1998. Herbivore Effects on Plant Species Density at Varying Productivity Levels. *Ecology* 79: 1-998-3-586-3-591.
- GOWARD, S.N., MARKHAM, B., DYE, D.G., DULANEY, W. & YANG, J., 1991 Normalized Difference Vegetation Index Measurements from the Advanced Very High Resolution Radiometer. *Remote Sensing of the Environment* 35: 257.277.
- GU, Y.X., BROWN, J.F., VERDIN, J.P. & WARDLOW, B., 2007. A Five-Year Analysis of MODIS NDVI and NDWI for Grassland Drought Assessment Over the Central Great Plains of the United States. *Geophysical Research Letters* 34, article L06407.
- HARTMAN, J.M., 1988. Recolonization of Small Disturbance Patches in a New England Salt Marsh. *American Journal of Botany* 75: 1.625-1.631.
- IRIBARNE, O., MARTINETTO, P., SCHWINDT, E., BOTTO, F., BORTOLUS, A. & BORBOROGLU, P.G., 2003. Evidences of Habitats Displacements Between Two Common Soft-Bottom SW Atlantic Intertidal Drabs. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 296 (2): 167-182.
- LUQUE, C.J., RUBIO-CASAL, A.E., ÁLVAREZ, A.A., MUÑOZ, J., VECINO, I., DOBLAS, D., LEIRA, P., REDONDO, S., CASTILLO, J., MATEOS, E., CASTELLANOS, E. & FIGUEROA, E., 2005. *Cartografía y Evaluación de la Flora y vegetación halófito y de los ecosistemas de marismas que se encuentran dentro de la Red de Espacios Naturales Protegidos de Andalucía*. Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente.
- MAESTRE, F.T., VALLADARES, F. & REYNOLDS, J.F., 2005. Is the Change of Plant-Plant Interactions with Abiotic Stress Predictable? A Meta-Analysis of Field Results in Arid Environments. *Journal of Ecology* 93: 748-757.
- MATEOS-NARANJO, E., 2008. Hacia una metodología de gestión de la especie invasora *Spartina densiflora* Brong. Estado de invasión, avances ecofisiológicos y control. Tesis doctoral. Universidad de Sevilla.
- MATEOS-NARANJO, E., REDONDO-GÓMEZ, S., CASTILLO, J.M Y FIGUEROA, M.E.E., 2007. El empleo de técnicas de control y erradicación en la lucha contra especies invasoras: conveniencia de la herbivoría como método de bio-control de la invasión de *Spartina densiflora* Brongn. en el campo de Gibraltar. *Almoraima* (35): 217-222.

- MATEOS-NARANJO, E., REDONDO-GÓMEZ, S., SILVA, J., SANTOS, R., & FIGUEROA, M.E., 2007. Effect of Prolonged Flooding on the Invader *Spartina densiflora* Brong. *J. Aquat. Plant Manage* 45: 121-123.
- PENNINGS, S.C., SELIG, ER., HOUSER, L.T. & BERTNESS, M.D., 2003. Geographic Variation in Positive and Negative Interactions Among Salt Marsh Plants. *Ecology* 84: 1.527-1.538.
- PINO, J., SEGUI J.M. & ALVAREZ, N., 2006. Invasibility of Four Plant Communities in the Llobregat Delta (Catalonia, NE of Spain) in Relation to Their Historical Stability *Hydrobiologia* 570: 257-263.
- PROFFITT, C.E., CHIASSON, R.L., OWENS, A.B, EDWARDS, K.R. & TRAVIS, S.E., 2005. *Spartina alterniflora* Genotype Influences Facilitation and Suppression of High Marsh Species Colonizing an Early Successional Salt Marsh. *Journal of Ecology* 93: 404-416
- SAN LEON, D.G., IZCO, J. & SANCHEZ, J.M., 1999. *Spartina Patens* as a Weed in Galician Saltmarshes (NW Iberian Peninsula). *Hydrobiologia* 415: 213-222.
- SILLIMAN, B.R. & JAY, C., ZIEMAN., 2001. Top Down Control of *Spartina alterniflora* Production by Periwinkle Grazing in a Virginia Salt Marsh. *Ecology* 82: 2.830-2.845.
- WEIER, J. & HERRING, D., 2007. Measuring Vegetation (NDVI and EVI). <http://earthobservatory.nasa.gov/Library/MeasuringVegetation/> (consultado enero 2008).
- YANNIC G, BAUMEL A, AINOUCHE M., 2004. Uniformity of the Nuclear and Chloroplast Genomes of *Spartina Maritima* (Poaceae), A Salt-Marsh Species in Decline Along the Western European Coast. *Heredity* 93: 182-188.
- ZEDLER, J.B., & KERCHER, S., 2004. Causes and Consequences of Invasive Plants in Wetlands: Opportunities, Opportunists, and Outcomes. *Critical Reviews in Plant Sciences* 23: 431-452 Sp.

ANEXO 1 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE ESPECIES

ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

En la tabla A1.1 se citan especies incluidas en el anexo I de la Directiva de Aves (79/409/CEE) que, según las aportaciones de la Sociedad Espa-

ñola de Ornitología (SEO/BirdLife), se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat de interés comunitario 1320 Pastizales de Spartina (*Spartinion maritimae*).

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
AVES				
<i>Ardeola ralloides</i>	Anexo I Directiva de Aves	No preferencial		
<i>Egretta garzetta</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Egretta alba</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Ardea cinerea</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Plegadis falcinellus</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Platalea leucorodia</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Phoenicopterus roseus</i>	Anexo I Directiva de Aves	Preferencial		
<i>Himantopus himantopus</i>	Anexo I Directiva de Aves	Preferencial		
<i>Recurvirostra avosetta</i>	Anexo I Directiva de Aves	Preferencial		
<i>Pluvialis apricaria</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Philomachus pugnax</i>	Anexo I Directiva de Aves	Indeterminada		
<i>Larus melanocephalus</i>	Anexo I Directiva de Aves	No preferencial		
<i>Larus ridibundus</i>	Anexo I Directiva de Aves	No preferencial		
<i>Sterna hirundo</i>	Anexo I Directiva de Aves	No preferencial		

* **Afinidad:** 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.

NOTA: si alguna de las referencias citadas no se encuentra entre la bibliografía de este anexo es porque se ha incluido anteriormente en la bibliografía general de la ficha.

Tabla A1.1

Taxones incluidos en los anexos II, IV y V de la Directiva Aves (79/409/CEE) que se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat 1320.

ESPECIES CARACTERÍSTICAS Y DIAGNÓSTICAS

En la tabla A1.2 se ofrece un listado con las especies que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP; SEO/BirdLife; SECEM), pueden considerarse como características y/o diagnósticas del tipo de hábitat de interés co-

munitario 1320 Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritimae*). En ella se encuentran caracterizados los diferentes taxones en función de su presencia y abundancia en este tipo de hábitat. Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado 2.3.

Tabla A1.2

Taxones que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP; SEO/BirdLife; SECEM), pueden considerarse como característicos y/o diagnósticos del tipo de hábitat de interés comunitario 1320.

Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado 2.3.

NOTA: si alguna de las referencias citadas no se encuentra entre la bibliografía de este anexo es porque se ha incluido anteriormente en la bibliografía general de la ficha.

* **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.

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
PLANTAS						
<i>Sarcocornia perennis</i> subsp. <i>perennis</i>	1		Habitual	Escasa	Perenne	
<i>Spartina alterniflora</i>	1		Diagnóstica	Muy abundante	Perenne	
<i>Spartina maritima</i>	1		Habitual	Dominante	Perenne	
<i>Spartina patens</i>	1		Diagnóstica	Moderada	Perenne	
<i>Spartina x townsendii</i>	1		Diagnóstica	Escasa	Perenne	
<i>Zostera marina</i>	1		Diagnóstica	Rara	Perenne	
<i>Zostera noltii</i>	1		Habitual	Rara	Perenne	

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Sigue ►

Subtipo 1: Mesomareales de clima atlántico

Otros comentarios:

- *Spartina patens* (= *S. versicolor*).
- Contacta a mayor grado de inundación con el hábitat tipo 1110 (Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda), principalmente con comunidades de *Zostera marina* y *Z. noltii*.
- Contacta a menor grado de inundación con la vegetación anual pionera con *Salicornia* spp. y *Sarcocornia perennis* (1310), así como con matorrales de suculentas leñosas (1330) y juncales halófilos atlánticos (1420).

Referencias bibliográficas:

- Campos *et al.*, 2004.
- Sanleón *et al.*, 1999.

► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
PLANTAS						
<i>Sarcocornia perennis</i> subsp. <i>perennis</i>	2		Habitual	Escasa	Perenne	
<i>Spartina maritima</i>	2		Habitual	Dominante	Perenne	
<i>Spartina densiflora</i>	2		Exclusiva	Muy abundante	Perenne	
<i>Zostera noltii</i>	2		Habitual	Rara	Perenne	

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Subtipo 2: Mesomareales de clima mediterráneo**Otros comentarios:**

- Contacta a mayor grado de inundación con el hábitat tipo 1110 Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina poco profunda, principalmente con comunidades de *Zostera noltii*.
- Contacta a menor grado de inundación con la vegetación anual pionera con *Salicornia* spp. y *Sarcocornia perennis* (1310), así como con matorrales de suculentas leñosas (1330) y juncales halófilos mediterráneos (1410).

Referencias bibliográficas:

- Castellanos *et al.*, 1994.
- Castellanos *et al.*, 1998.
- Figueroa *et al.*, 2003.
- Mateos-Naranjo *et al.*, 2007.
- Rivas-Martínez *et al.*, 1980.

<i>Sarcocornia perennis</i> subsp. <i>perennis</i>	3		Habitual	Escasa	Perenne	
<i>Spartina maritima</i>	3		Habitual	Dominante	Perenne	
<i>Spartina patens</i>	3		Diagnóstica	Rara	Perenne	
<i>Zostera marina</i>	3		Diagnóstica	Escasa	Perenne	
<i>Zostera noltii</i>	3		Habitual	Escasa	Perenne	

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Subtipo 3: Micromareales de clima mediterráneo.**Otros comentarios:**

- *Spartina patens* (=S. *versicolor*)
- Contacta a mayor grado de inundación con el hábitat tipo 1110 (Bancos de arena cubiertos permanentemente por agua marina, poco profunda), principalmente con comunidades de *Zostera marina* y *Z. noltii*.
- Contacta a menor grado de inundación con la vegetación anual pionera con *Salicornia* spp. y *Sarcocornia perennis* (1310), así como con matorrales de suculentas leñosas (1330) y juncales halófilos mediterráneos (1410).

Referencias bibliográficas:

- Pino *et al.*, 2006.
- Mateos-Naranjo *et al.*, 2007.
- Rivas-Martínez *et al.*, 1980.

AVES						
<i>Ardeola ralloides</i>			Diagnóstica	Escasa	Reproductora, migrante	
<i>Egretta garzetta</i>			Diagnóstica	Escasa	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Egretta alba</i>			Diagnóstica	Rara	Invernante y migrante	
<i>Ardea cinerea</i>			Diagnóstica	Moderada	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Plegadis falcinellus</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	

► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
AVES						
<i>Platalea leucorodia</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Phoenicopterus roseus</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Anas platyrhynchos</i>			Especialista	Dominante	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Gallinula chloropus</i>			Habitual	Muy abundante	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Fulica atra</i>			Diagnóstica	Dominante	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Himantopus himantopus</i>			Diagnóstica	Moderada	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Recurvirostra avosetta</i>			Diagnóstica	Escasa	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Charadrius dubius</i>			Habitual	Escasa	Reproductora y migrante	
<i>Charadrius hiaticula</i>			Habitual	Escasa	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Charadrius alexandrinus</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Pluvialis apricaria</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Pluvialis squatarola</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Vanellus vanellus</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Calidris canutus</i>			Habitual	Escasa	Migrante	
<i>Calidris alba</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Calidris minuta</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Calidris ferruginea</i>			Habitual	Moderada	Migrante	
<i>Calidris alpina</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Philomachus pugnax</i>			Habitual	Escasa	Migrante	
<i>Gallinago gallinago</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Limosa limosa</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Limosa lapponica</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Numenius phaeopus</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Numenius arquata</i>			Habitual	Moderada	Invernante y migrante	
<i>Tringa erythropus</i>			Habitual	Escasa	Migrante	
<i>Tringa totanus</i>			Habitual	Moderada	Reproductora, invernante y migrante	

Sigue ►

► Continuación Tabla A1.2

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
AVES						
<i>Tringa nebularia</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Tringa ochropus</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Actitis hypoleucos</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Arenaria interpres</i>			Habitual	Escasa	Invernante y migrante	
<i>Larus melanocephalus</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Larus ridibundus</i>			Habitual	Escasa	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Larus genei</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Larus fuscus</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Larus michahellis</i>			Habitual	Rara	Reproductora, invernante y migrante	
<i>Sterna hirundo</i>			Habitual	Rara	Reproductora y migrante	

Datos aportados por la Sociedad Española de Ornitología (SEO/BirdLife).

MAMÍFEROS						
<i>Crocidura suaveolens</i>			Habitual	Escasa	Todo el año	

Datos aportados por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM).

Referencias bibliográficas:

Blanco, 1998; Rey, 2007.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

En la tabla A1.3 se ofrece un listado con las especies que, según la información disponible y las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SECEM y SEBCP), pueden considerarse como típicas del tipo de hábitat de interés comunitario 1320 Pastizales de *Spartina* (*Spartinion maritimae*). Se consi-

deran 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). Con el objeto de ofrecer la mayor precisión, siempre que ha sido posible la información se ha referido a los subtipos definidos en el apartado 2.3.

Tabla A1.3

Identificación y evaluación de los taxones que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP; SECEM), pueden considerarse como típicos del tipo de hábitat de interés comunitario 1320.

* 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.

Taxón	Nivel* y opciones de referencia**	Directrices Estado Conservación					CNEA***	Comentarios
		Área de distribución	Extensión y calidad del tipo de hábitat	Dinámica de poblaciones	Categoría de Amenaza UICN			
					España	Mundial		
PLANTAS								
<i>Spartina maritima</i> (MA Curtis) Fern.	Hábitat 1320 (1,2,4,5,6)	Litoral atlántico de la región Medioeuropea y Macaronésica (Azores); costas atlánticas y mediterráneas de la subregión Mediterránea Occidental. Naturalizada en Sudáfrica, Australia y sureste de Estados Unidos	Costas atlánticas (desde País Vasco a Andalucía) y en menor medida costas mediterráneas (Cataluña, Levante y Baleares). No se disponen de datos que permitan evaluar el conjunto del estado de conservación global de este hábitat	Poblaciones sometidas a fluctuaciones por erosión de sedimentos y competencia con especies de su mismo género				Planta estructural, siempre presente aunque frecuentemente desplazada por exóticas (<i>S. alterniflora</i> , <i>S. densiflora</i> , <i>S. patens</i>) o sus híbridos (<i>S. x townsendii</i>)
<i>Spartina alterniflora</i> Loisel	Subtipo 1 (1,2,4,5,6)	América, naturalizada en Europa	Costa atlántica (Mar Cantábrico). Convive con <i>Spartina maritima</i> a la que suele dominar y desplazar indicando una reducción en la calidad de la pradera nativa	Puede predominar frente a <i>Spartina maritima</i>				Planta estructural.

Sigue ►

► Continuación Tabla A1.3

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		
PLANTAS								
<i>Spartina patens</i> (Ait.) Muhl.	Subtipo 1 (1,2,4,5,6)	América, naturalizada en Europa	Costa atlántica (Mar Cantábrico). Convive con <i>Spartina maritima</i> a la que suele dominar y desplazar indicando una reducción en la calidad de la pradera nativa	Puede predominar frente a <i>Spartina maritima</i>				Planta estructural
<i>Spartina densiflora</i> Brongn.	Subtipo 2 (1,2,4,5,6)	Nativa de Sudamérica. Invasora en el territorio europeo	Costa atlántica de Andalucía. Convive con <i>Spartina maritima</i> a la que suele dominar y desplazar indicando una reducción en la calidad de la pradera nativa	Suele predominar frente a <i>Spartina maritima</i>				Planta estructural

Datos aportados por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Sigue ►

► Continuación Tabla A1.3

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		
MAMÍFEROS								
<i>Crocidura suaveolens</i>	Hábitat 1320 (4)	En la Península Ibérica ocupa gran cantidad de medios en la zona de influencia atlántica, mientras que en la región mediterránea queda relegada a los ambientes húmedos. No parece colonizar medios antropógenos como en Europa. En la Cornisa Cantábrica está presente en ripisilvas y en la campiña atlántica. En Galicia se ha capturado en bosque caducifolio y formaciones arbustivas. En Andalucía habita zonas de marisma. En Menorca las mayores densidades se detectaron en medios húmedos, provistos de espesos pastizales. Las capturas la sitúan por debajo de los 800 m de altitud	Muestran tendencia a formar grupos sociales. Los machos adultos presentan los mayores territorios (de 20 a 63 m) mientras que en las hembras adultas y juveniles son menores (de 10 a 45 m)		Datos Insuficientes	Menor Riesgo Preocupación Menor	En la zona mediterránea habita en áreas de marismas en Andalucía y medios húmedos provistos de espesos pastizales en la isla de Menorca	

Datos aportados por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM).

Referencia bibliográfica:

Palomo, 2007.

ANEXO 2 INFORMACIÓN EDAFOLÓGICA COMPLEMENTARIA

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Consideraciones previas.

Formación y fisiografía de una marisma

En los medios marismeños la distribución de los tipos de hábitat y de sus comunidades vegetales va

asociada a las limitaciones que el suelo ofrece al desarrollo vegetal. Estas limitaciones dependen, en buena medida, del tipo de marisma (alta o baja) y de la fisiografía de la misma. En la figura A2.1 se muestran, de manera esquemática, dos fases en la evolución de la marisma y los principales rasgos fisiográficos que las caracterizan (Long & Mason 1983).

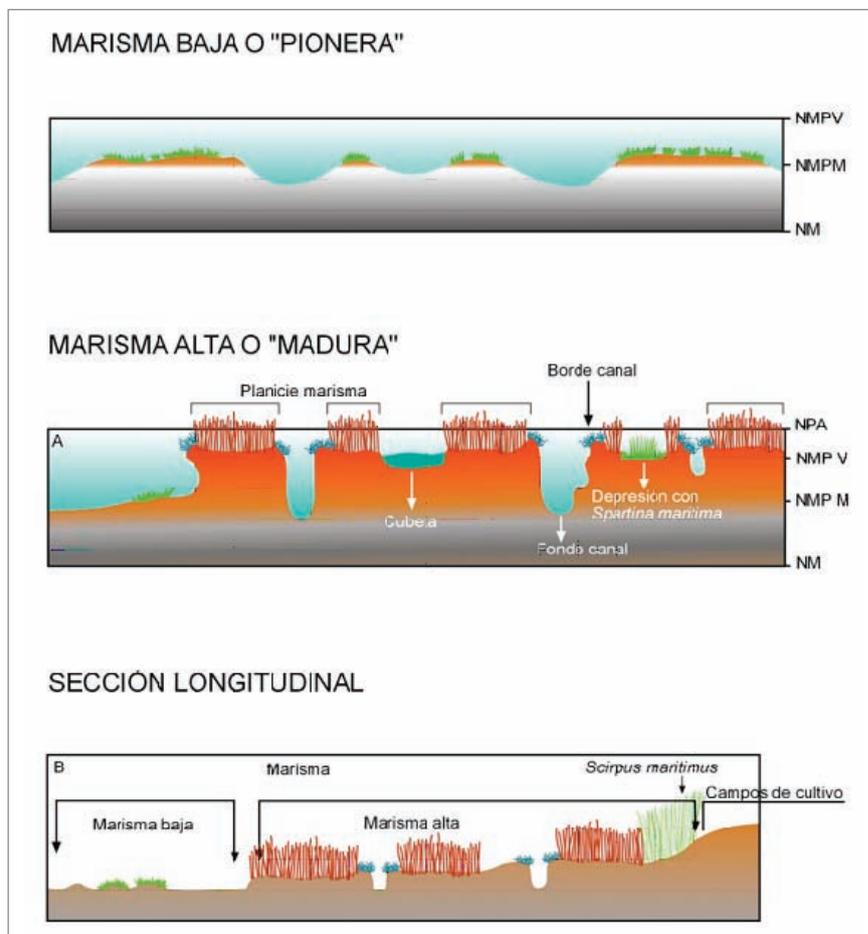


Figura A2.1

Sección longitudinal y transversal de una marisma indicando las diferentes formas fisiográficas y la altura de las diferentes pleamares: NM: nivel medio del mar. NMPM: nivel medio pleamares muertas, NMPV: nivel medio pleamares vivas, NPA: nivel medio de las pleamares astronómicas.

Durante la formación de la marisma las primeras fases de relleno de la cubeta sedimentaria son lentas, aunque dependiendo de la actividad desarrollada en su cuenca hidrográfica este proceso puede verse acelerado. Así, la deforestación y roturación histórica que se ha realizado de las tierras forestales aceleraron el relleno al incrementar el aporte del material sedimentario (Benito & Onaindía, 1991).

Una vez que el relleno de la llanura mareal alcanza el nivel medio de las pleamares muertas se inicia la colonización de las plantas vasculares (principalmente *Zostera noltii* y *Spartina maritima*). En este sentido, Long & Mason (1983) destacan el importante papel que desempeñan los rizomas de las diferentes especies del género *Spartina* en el proceso de acreción y estabilización del sedimento.

Desde el punto de vista geoquímico, edáfico y botánico, uno de los aspectos más importantes es la influencia de las pleamares, ya que determina la salinidad y la aireación del suelo y, por tanto, los procesos de oxidación-reducción (redox). Así, por ejemplo, los cálculos realizados para las marismas del Sur de Inglaterra han puesto de manifiesto que cuando la elevación de la marisma es igual a la altura media de las pleamares muertas éstas son cubiertas por más de 400 pleamares al año y el tiempo de inundación es de 2.600 horas; mientras que si la elevación es igual a la altura media de las pleamares vivas, sólo son cubiertas por 50 pleamares y el tiempo de inundación se reduce a 400 horas (calculado a partir de Ranwell, 1972 y Admiralty, 1980; citado en Long & Mason, 1983).

Otro aspecto que tiene una gran influencia sobre las condiciones redox de los suelos es la posición fisiográfica. En este sentido, hay que destacar que en las marismas, debido a su dinamismo, se producen pequeños cambios en el relieve que dan como resultado formas microtopográficas, que afectan sustancialmente al drenaje de la misma durante la bajamar y, por tanto, van a condicionar significativamente el tiempo de encharcamiento y los procesos de oxidación-reducción del suelo. A continuación realizamos una breve descripción de las principales formas fisiográficas de una marisma en base a los trabajos de Chapman (1973) y Long & Mason (1983):

■ Canales o esteros de drenaje mareal

Son uno de los rasgos morfológicos más evidentes de la marisma madura o alta. Se presen-

tan formando un denso reticulado de anchura y profundidad variable. Su formación no está bien establecida y parece que puede estar asociada a la propia dinámica de crecimiento de la marisma, que se ve acelerada por la colonización de las plantas. En las zonas ocupadas por plantas la deposición del sedimento se ve favorecida, incrementando con más rapidez su elevación con respecto a las zonas próximas no colonizadas. Estas últimas son las que acaban convirtiéndose en canales. El flujo y reflujo mareal impide su colonización posterior y permite su permanencia a lo largo del tiempo. No obstante, la red de canales de una marisma se puede alterar con bastante rapidez si la dinámica hidrológica inicial es modificada (Long & Mason, 1983). Los sedimentos de los canales se encuentran fuertemente reducidos, ya que son los primeros en ser inundados con la pleamar y los últimos en quedar expuestos al aire durante la bajamar.

■ Borde o ceja de canal

Suelen presentarse como ligeras elevaciones respecto al entorno y en las marismas del norte de la Península se caracterizan por estar ocupados por *Halimione portulacoides* (Asociación *Bostrychio scorpioidis-Halimionetum portulacoidis*; Sánchez *et al.*, 1998). Se trata de suelos con un potencial redox más elevado que el resto del entorno (en general Eh>350 mV). Su mayor grado de aireación parece que está relacionado con una mayor conductividad hidráulica que permite un rápido drenaje (Price *et al.*, 1988).

■ Planicie de marisma

Representa la forma que mayor espacio ocupa en la marisma, por ello se divide en planicie alta, media y baja, que lleva asociado un gradiente en las condiciones de salinidad del suelo de manera que la parte superior, con menor influencia mareal, corresponde a un medio salobre mientras que los suelos de la planicie baja muestran una mayor concentración salina. Asociado a este gradiente se disponen las diferentes comunidades del juncal (*Limonio serotini-Juncetum maritimae* subass. *typicum*, *Limonio serotini-Juncetum maritimae* subass. *juncetosum gerardi*, *Agrostio stolonifera-Juncetum maritimae*, Sánchez *et al.*, 1998) que es la formación vegetal característica de la marisma alta.

■ Cubetas hipersalinas

Son depresiones intercaladas en la planicie de la marisma alta que no se encuentran colonizadas por plantas vasculares. Su formación parece que ocurre a través de diferentes procesos. Una de las posibles explicaciones es similar a la comentada para la formación de los canales de drenaje. Inicialmente, la superficie de la marisma baja es irregular, de manera que cuando se producen las primeras fases de colonización vegetal las plantas ocupan las zonas más elevadas. Éstas tienden a evitar las pequeñas depresiones que representan un medio más hostil por su prolongado período de inundación. De esta manera, poco a poco, las depresiones quedan inmersas en un entorno colonizado por plantas, que rápidamente incrementa su elevación debido a que la retención y deposición del sedimento es mayor, formándose así las cubetas. Otros autores establecen que las cubetas pueden ser antiguos canales de drenaje que, por derrumbamiento de sus paredes, quedaron aislados (Butler *et al.*, 1981 citado en Long & Mason, 1983). Las cubetas permanecen sin ser colonizadas por la vegetación ya que ofrecen condiciones extremas debido a la permanente inundación y excesiva salinidad en el período estival.

■ Borde de la marisma alta

Son zonas sometidas a fuertes procesos erosivos en donde la marisma alta es erosionada por las corrientes de marea, dando lugar a escarpes que pueden alcanzar 1-2 m de desnivel.

2. CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA

2.1. Características generales

Las formaciones de *Spartina* se distribuyen en la Península Ibérica, sobre todo en el litoral cantábrico, atlántico y, en menor medida, en la costa mediterránea. *Spartina* aparece en las marismas colonizando la llanura intermareal situada por debajo del nivel medio de la pleamar, siempre por debajo del juncal o bordeando a éste (ver fotografías A2.1, A2.2, A2.3, A2.4). Ocupa, por lo tanto, lo que se denomina la marisma baja o joven (ver figura A2.1). Al encontrarse esta parte del intermareal por debajo del nivel medio de las pleamars se encuentra sometida a prologados períodos de inundación. En estos ambientes *Spartina* actúa

como especie pionera, capaz de colonizar un sustrato que ofrece fuertes limitaciones para el crecimiento de las plantas vasculares presentes en la marisma alta (juncal). En este sentido los estudios realizados, tanto en USA como en España, y después de analizar un amplio número de variables (profundidad de la capa freática, altura del manto mareal, salinidad, composición iónica del agua intersticial, etc.) concluyen que los principales limitantes abióticos que determinan la distribución de las comunidades vegetales son la salinidad y las condiciones redox del suelo (Snow & Vince, 1984, Bertness, 1991; Sánchez *et al.*, 1998; Otero *et al.*, 1998; Pennings & Callaway, 1992; Pennings & Moore, 2001). El estrés generado por una elevada salinidad y un sustrato anóxico ha sido considerado como la principal causa que limita la presencia de las comunidades vegetales en la marisma baja. Otros trabajos establecen, además, que en la marisma alta, menos sometida a la acción de la marea y, por tanto, con un menor grado de estrés ambiental, la competencia interespecífica es la principal causa de la zonación vegetal (Snow & Vince, 1984, Bertness, 1991).

Estudios realizados en las marismas gallegas han puesto de manifiesto que la presencia de *Spartina* aparece ocupando la marisma baja; así como pequeñas depresiones mal drenadas, de 10-50 m² de superficie presentes en la marisma alta (ver fotografía A2.3), en medio del juncal salino (*Limnion serotini-Juncetum maritima*). En ambas posiciones los suelos son salinos y se encuentran fuertemente reducidos, con presencia de sulfuro ($\Sigma\text{H}_2\text{S}$, HS^- , S^{2-}) en el agua intersticial (Otero *et al.*, 1997; Sánchez *et al.*, 1997). La toxicidad generada por las formas reducidas del azufre supone un serio limitante para la mayor parte de las especies de la marisma. La capacidad de *Spartina* para tolerar estas condiciones está relacionada con su capacidad para transportar el aire desde la parte aérea a las raíces y liberarlo por ellas, oxidando de esta manera la rizosfera (ver fotografía A2.4). Para este cometido dispone de un parénquima muy bien desarrollado. Por otra parte, se ha observado que cuando el nivel del sustrato se eleva por la acumulación progresiva de sedimento y el suelo alcanza condiciones menos reducidas (subóxicas u óxicas), la zona central de los islotes que forma *Spartina* en la marisma baja comienza a ser colonizada por otras especies como *Arthro-*

nemum perenne (Castellanos *et al.*, 1994), lo cual indica la baja capacidad competitiva de *Spartina* en condiciones de bajo estrés ambiental.

Los suelos sobre los que se asienta *Spartina maritima* suelen caracterizarse por una alta salinidad y un potencial redox inferior a los 100 mV, lo cual indica que la materia orgánica es metabo-

lizada fundamentalmente por bacterias sulfato reductoras (Sánchez *et al.*, 1998). La textura fina también contribuye a mantener condiciones fuertemente reductoras. El limo suele ser la fracción dominante con valores que oscilan entre el 40-65%, seguido de la arcilla y arena, lo que le confiere una textura que suele ser franco arcillo limosa (ver figura A2.2).

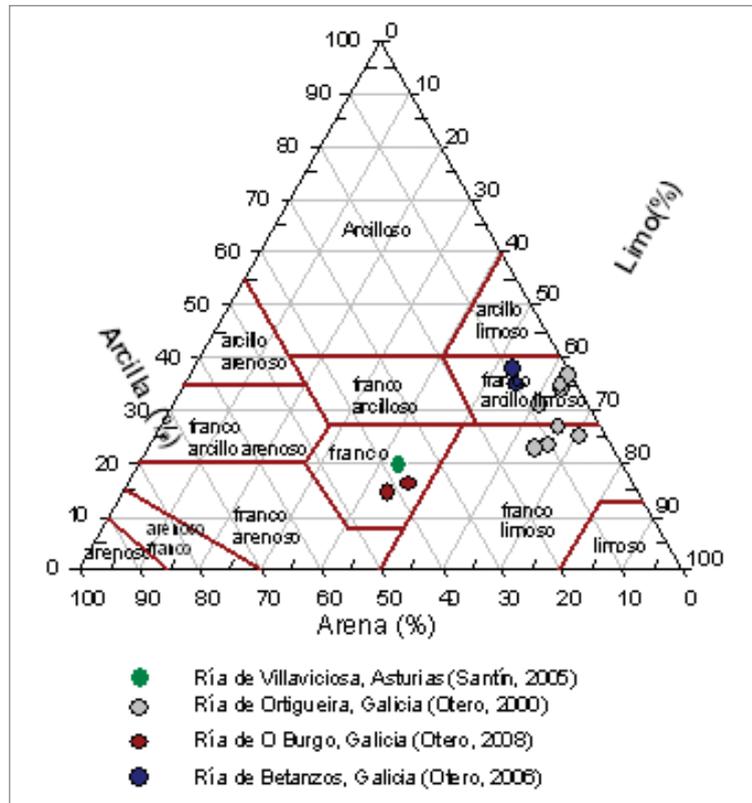


Figura A2.2

Clases texturales de los suelos de *Spartina maritima*.

Otro aspecto importante a destacar y que favorece la actividad sulfato reductora es el contenido de materia orgánica lábil. El porcentaje de C orgánico suele ser netamente superior al del sedimento ubicado en el entorno de los *stands* de *Spartina* (ver fotografía A2.2), pero inferior a la de los suelos de la marisma alta; sin embargo se ha observado que las zonas colonizadas por *Spartina* presentan concentraciones muy superio-

res de S total (Otero & Macías, 2003). El fraccionamiento del S total puso de manifiesto que la mayor parte corresponde a S piritico. La elevada concentración de piritita (FeS_2) en estos suelos está relacionada, fundamentalmente, con una elevada actividad sulfato reductora favorecida por los exudados radiculares (Hines *et al.*, 1989), que representa un sustrato orgánico utilizable por bacterias sulfato reductoras.

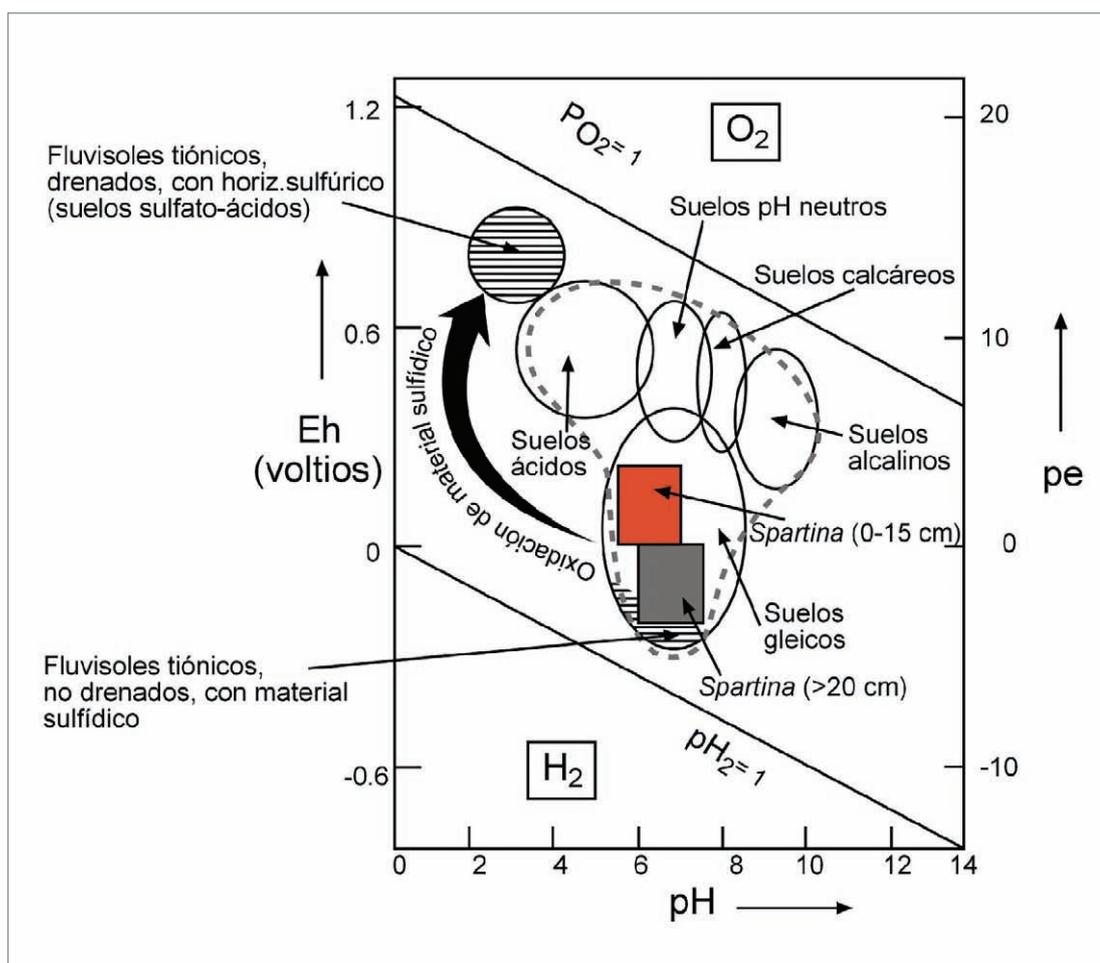


Figura A2.3

Condiciones Eh-pH de los suelos de *Spartina maritima* en relación con otros tipos de suelos. El prolongado tiempo de inundación genera condiciones fuertemente reducidas ya en superficie. En general por debajo de los 5 cm las condiciones son anóxicas y la actividad sulfato reductora es intensa, al verse favorecida la actividad microbiana por los exudados de las raíces. En este ambiente la pirita representa el mineral neoforado de mayor estabilidad. Su acumulación conlleva la formación de material sulfídico. En este momento el suelo presenta un pH próximo a la neutralidad o ligeramente ácido, pero si el suelo es drenado o dragado, el material sulfídico se oxida y origina un horizonte fuertemente ácido, denominado horizonte sulfúrico. Esto conlleva la degradación del suelo y desencadena una fuerte toxicidad para la biota al movilizarse elementos altamente tóxicos como aluminio y metales pesados.

La presencia en estos suelos de porcentajes superiores al 0.75% de S total pone de manifiesto la presencia de *material sulfídico*, el cual se suele ubicar inmediatamente por debajo de la rizosfera, siendo clasificado el suelo como Tidalic Fluvisol (Prototiónico) (FAO, 2006). Por otra parte, si estos suelos son aireados de forma artificial pueden llegar a desarrollar una fuerte acidez debido a la oxidación de la pirita y otras formas minoritarias de sulfuros de Fe (FeS , Fe_3S_4).

En estas condiciones el suelo pasa de valores de pH próximos a la neutralidad a valores extremadamente ácidos, ya que el suelo no suele tener suficiente capacidad neutralizante. Cuando esto ocurre los Tidalic Fluvisol (Prototiónico) se transforman en suelos hiperácidos ($pH < 3.5$) y el *material sulfídico* pasa a denominarse *horizonte sulfúrico*. En ocasiones la presencia de carbonato cálcico (restos de conchas) puede llegar a neutralizar la acidificación.

2.2. Riesgos de degradación

■ Riesgos de degradación física

El continuo proceso de “ganar espacio al mar” mediante el aterramiento de las marismas ha sido y es uno de las actividades que ha llevado a la destrucción irreversible de los ecosistemas marismenños. Hoy en día es todavía una importante amenaza.

Cambios en las dinámica sedimentaria pueden afectar negativamente a los pastizales de *Spartina maritima*. Estudios previos (Castellanos *et al.*, 2000) han establecido que en donde se instala *Spartina maritima* se puede llegar a producir una elevación media anual de 3,5 cm año. Esto conlleva a una reducción progresiva del tiempo de inundación y, por tanto, a una mayor aireación del suelo, lo cual favorece la instalación de otras especies como *Arthrocnemum perennis* que acaba por desplazarla. Este proceso, que ocurre de manera natural, se puede ver potenciado si se altera la dinámica sedimentaria. Así, dragados, construcción de diques, puertos, drenajes u otras obras que supongan un incremento en el aporte de material sedimentario pueden acelerar este proceso.

En situaciones muy concretas, la remoción del suelo y sedimento que se realiza en los bancos marisqueros de bivalvos, con el fin de mejorar su productividad, puede suponer la destrucción de zonas ocupadas por *Spartina maritima* y *Zostera noltii*.

■ Riesgos de degradación química

El vertido de aguas fecales e industriales conlleva cambios en la composición química del suelo y sedimento. Se ha observado un claro enriquecimiento en nutrientes (P y N), así como de metales tóxicos en muchos pastizales de *Spartina*, sin embargo no se ha identificado ningún proceso de degradación del hábitat. No obstante, son necesarios estudios más detallados sobre los efectos de la eutrofización en las relaciones competitivas interespecíficas, ya que cambios en la biodisponibilidad de los nutrientes pueden incidir sobre las relaciones competitivas entre especies.

■ Otros riesgos

Se ha citado la hibridación de *Spartina maritima* con la especie alóctona *Spartina densiflora* y *Spartina alterniflora* (Ainouche *et al.*, 2004; Baumel *et al.*, 2003).

Por otra parte, *Spartina densiflora* parece que puede desplazar competitivamente a *S. maritima*. En zonas restauradas de la margen izquierda del río Guadalquivir *S. densiflora* se ha convertido en la especie dominante (Gallego & García, 2007).

3. EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN Y CALIDAD DEL SUELO

3.1. Factores o variables índices

La salinidad y la hidromorfia son los dos factores de mayor relevancia en cuanto a la distribución de las asociaciones vegetales y hábitat en este tipo de medios. Por consiguiente, los parámetros que se proponen como índices de calidad van a estar íntimamente relacionados con estas dos variables. Por otra parte, aunque algunas marismas con *Spartina* han sido intensamente estudiadas, (por ejemplo, Marismas de la Ría de Ortigueira, ver, por ejemplo, Sánchez, 1995; Sánchez *et al.*, 1998) indicar valores o umbrales de referencia para un hábitat que presenta una amplia zona de distribución no sería adecuado. Cuando menos se debería disponer de estudios comparables en la zona atlántica, cantábrica y mediterránea ya que, según cambian las condiciones climáticas, también lo pueden hacer el comportamiento y las exigencias ecológicas de las especies.

Los parámetros a analizar que se proponen son los siguientes y la periodicidad debería ser, cuando menos, estacional, excepto para la determinación de la contaminación y eutrofización del sistema (ver apartado 5).

1. Procesos de oxidación reducción en el suelo

- a) Tipo: variable funcional.
- b) Aplicabilidad: grado de relevancia obligatoria.
- c) Propuesta de métrica: determinación de potencial de oxidación reducción (Eh).
- c) Procedimiento de medición: mediante un potenciómetro portátil previamente calibrado, insertando en el suelo el electrodo correspondiente. Las medidas de Eh deben corregirse añadiendo al potencial de campo el valor correspondiente al electrodo de referencia que, en el caso del electrodo Ag/AgCl, es + 200 mV (Vepraskas & Faulkner, 2001) o 244 mV si se trata del electrodo de colomelanos Cl⁻|Hg₂Cl₂, KCl|Hg. Las medidas se realizarán siempre que exista suficiente humedad en el suelo y serán como mínimo por triplicado.

- e) Determinación de especies sensibles a cambios de las condiciones redox del suelo y fitotóxicas: Mn^{2+} , Fe^{2+} y HS^- . Procedimiento de medición: se extraerá el agua intersticial del suelo bajo atmósfera inerte de N_2 o argón con el fin de evitar la oxidación de las formas reducidas de Fe, Mn y S. Las muestras del agua intersticial se deben filtrar por $0,45 \mu m$, también bajo atmósfera de nitrógeno. Una alícuota se acidifica con HNO_3 (6M) hasta pH ~ 1 y en ella se determina Fe y Mn disuelto (presumiblemente Fe^{2+} y Mn^{2+}) por adsorción atómica. En otra de las alícuotas se debe analizar inmediatamente los sulfuros (HS^-) por el método colorimétrico de Cline (1969).
- f) Profundidad de la capa freática. Procedimiento de medición: instalación de tubos de PVC taladrados adecuadamente en su parte inferior y que dispongan de un tapón en la parte superior. Para la medida se levantará el tapón y se introducirá un metro o una cinta métrica con un sensor adecuado que indicará a qué profundidad se encuentra el agua.
- g) Períodos de inundación del suelo. Se propone medir la duración, al cabo del año, en la que el agua se encuentra sobre la superficie del suelo. Procedimiento de medición: se contabilizará el número de días en los que el agua se encuentre por encima de la superficie del suelo.
- h) Profundidad del horizonte anóxico del suelo. Se propone medir la profundidad a la que aparece una matriz gley en el perfil del suelo. Procedimiento de medición: extracción de testigos con barrena hasta la profundidad en la que aparezca una matriz gley (USDA-NRCS, 2003). Dicha matriz debe reconocerse por las coloraciones grisáceas indicadoras de condiciones gley, según la guía Munsell (Munsell Corporation[®]). La profundidad de los sondeos no debería ser menos de 1 m.

2. Salinidad del suelo

- a) Tipo: variable funcional.
- b) Aplicabilidad: grado de relevancia obligatoria.
- c) Propuesta de métrica: se propone su medida a través de la conductividad eléctrica de extractos suelo:agua. Procedimiento de medición: realización del extracto saturado (Richards, 1974) o, únicamente en el caso de suelos arenosos, *el extracto 1:5* (Richards, 1974).

- d) Iones disueltos. Análisis del extracto de saturación en el que se haya medido la conductividad eléctrica. Procedimiento de medición: absorción atómica (Ca^{2+} y Mg^{2+}), emisión de llama (Na^+ y K^+), cromatografía iónica (Cl^- y SO_4^{2-}).

3. Acidez

- a) Tipo: variable funcional.
- b) Aplicabilidad: grado de relevancia recomendada.
- c) Propuesta de métrica: se propone su medida a través de la determinación del pH.
- d) Procedimiento de medición: pH de campo y de laboratorio en muestra seca al aire en una suspensión suelo:agua 1:1 (Peech, 1965).

4. Humedad

- a) Tipo: variable funcional.
- b) Aplicabilidad: grado de relevancia obligatoria.
- c) Propuesta de métrica: se propone su medida a través de gravimetría.
- d) Procedimiento de medición: pesado en húmedo, secado de la muestra a $50^\circ C$ hasta peso constante para evitar pérdidas de agua por la posible presencia de yeso y pesado de nuevo en seco. Cálculo del % de agua de la muestra.

5. Contaminación y eutrofización

- a) Tipo: variable funcional.
- b) Aplicabilidad: grado de relevancia recomendable.
- c) Propuesta de métrica: se propone la determinación del análisis total y fracción biodisponible de metales pesados y nutrientes (P).
- d) Procedimiento de medición: concentración total de metales pesados: la extracción se realizará en vasos de TeflónTM con un ataque triácido, añadiendo 15 ml de una mezcla de $HNO_3:HCl:HF$ (9:3:3 v/v/v) en un microondas durante 20 minutos. P asimilable y P total: la extracción del P asimilable se realizará con $NaHCO_3$ 0,5 M según el método de Olsen *et al.* (1954). La concentración se determinará por colorimetría del complejo azul fosfomolibdico a una longitud de onda de 880 nm. El P total se determinará por el mismo método a partir del extracto obtenido para el análisis total de metales pesados anteriormente descrito. Todo el material utilizado

durante la toma de muestras y análisis de laboratorio debe ser cuidadosamente lavado en ácido, manteniéndolo, al menos una noche, en una disolución de HCl 10% y lavados posteriormente con agua destilada (dos veces) y con agua Milli-Q (una vez), a fin de evitar errores por contaminación. En este caso un único muestreo sería suficiente.

3.2. Protocolo para la determinación del grado de conservación del suelo

Para evaluar las condiciones del suelo deberá establecerse una red de puntos de muestreo en las estaciones que se indican en el apartado siguiente. Dado que la zonación de la vegetación en cada marisma estará determinada por las condiciones regionales, parece imprescindible establecer, cuando menos, una localidad de seguimiento en cada región biogeográfica en la que se encuentra el hábitat. Por otra parte, es también importante conocer las condiciones del entorno del hábitat para establecer con mayor precisión las condiciones edáficas que marcan las diferencias entre este hábitat y el entorno.

Debido a que la distribución de especies en los humedales puede variar en cortos períodos de tiempo como consecuencia de variaciones bruscas en ciertos factores ambientales, se deben tener en cuenta algunas consideraciones importantes a fin de interpretar correctamente los cambios que se observen (Álvarez-Rogel *et al.*, 2006). Eventos aislados, tales como episodios de lluvias excepcionales que lleven a períodos de inundación inusualmente prolongados, deben ser diferenciados de las tendencias a largo y medio plazo. Dichas tendencias pueden estar originadas por prácticas de manejo, tales como incrementos en los vertidos de aguas procedentes de áreas agrícolas (Álvarez-Rogel *et al.*, 2007b), o tendencias a escala global, como puede ser una subida del nivel del mar a consecuencia de un cambio del clima.

Por tanto, son necesarios programas de monitorización a largo plazo a fin de diferenciar entre cambios al azar, cambios estacionales y tendencias. En dichos programas se debe hacer un seguimiento de las especies clave de cada hábitat pero incluir, también, los parámetros edáficos considerados adecuados a fin de evitar errores de interpretación por la mera observación de la cubierta vegetal.

Procedimiento de trabajo en las estaciones de referencia.

El método de trabajo que se propone está diseñado para incluir en la monitorización todos los hábitats que aparecen en las marismas. Se considera absurdo hacer seguimientos aislados a determinados tipos de hábitat, ya que, como se ha comentado en diversas ocasiones en ésta y otras fichas, las marismas funcionan como sistemas en los que las transferencias de energía y nutrientes entre los diversos compartimientos son fundamentales para el funcionamiento del conjunto.

Lo que a continuación se describe debe hacerse para cada una de las marismas que se incluyan en el programa de seguimiento.

Paso 1. Identificar con detalle la zonación de la vegetación en el saladar y realizar una primera aproximación a sus posibles relaciones con factores como la topografía y microtopografía del terreno, distancia al mar (si procede), distancia a los flujos de agua, etc. Puede hacerse utilizando imágenes aéreas o teledetección, pero es imprescindible el trabajo de campo, ya que la escala espacial de las variaciones puede ser de escasos metros o incluso de centímetros. De esta forma se tendrá una primera visión global del sitio.

Paso 2. En base a la información del punto anterior, diseñar una red de parcelas de muestreo que incluya todas las comunidades vegetales cuyos hábitat se encuentren en el Listado Nacional. Dicha red puede ser en forma de transectos o en mosaico, pero debe abarcar, en lo posible, las diferentes situaciones en las que se desarrolla cada hábitat en la marisma. Se recomienda un mínimo de cinco parcelas por hábitat, aunque cuando se considere oportuno pueden ser más. No todos los tipos de hábitat deben tener, necesariamente, el mismo número de parcelas.

Paso 3. Cada parcela debe quedar caracterizada por la especie/especies dominantes. Para dicha caracterización se puede tomar un inventario.

Paso 4. En cada parcela se tomarán tres muestras valiéndose para ello de un tubo de PVC.

La muestra inalterada se transporta al laboratorio en posición vertical y sumergida en hielo. Adicionalmente se instalarán un mínimo de tres tubos de PVC, previamente agujereados, en los cuales se realizará el seguimiento de la profundidad del nivel freático. Se medirá, además, el potencial redox y pH de los diferentes horizontes.

Paso 5. Una vez en el laboratorio, se realizarán las determinaciones anteriormente descritas.

Paso 6. Tratamiento de los datos. Con los datos de campo y los resultados obtenidos de analizar las muestras de suelo se realizará un estudio estadístico, a fin de caracterizar los gradientes con respecto a las variables y establecer cuales de ellas, y en qué medida, determinan las diferencias entre los distintos tipos de hábitat. Los datos de la estación seca y la estación húmeda se analizarán por separado.

Paso 7. Para cada marisma se elaborará un modelo conceptual que recoja las relaciones suelo-vegetación.

Se proponen las siguientes estaciones de referencia para este hábitat:

- Subtipo mesomareal mediterráneo: Marismas de Odiel y Marismas de Doñana.
- Subtipo mesomareal atlántico: Marismas de Santoña y Marismas de Ría de Ortigueira.
- Subtipo micromareal mediterráneo: Delta del Ebro.

4. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSERVACIÓN

Preservar la franja marítimo-terrestre de los impactos anteriormente citados y mantener la calidad de sus aguas.

5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA Y FOTOGRAFÍAS



Fotografía A2.1

A) Ría de O Burgo (A Coruña). Pradera de *Spartina maritima* ubicada inmediatamente por debajo del juncal (marisma alta). A pesar de la pequeña diferencia de altura entre el juncal y la pradera de *Spartina* las condiciones redox son netamente diferentes. Así, mientras en el juncal predominan condiciones óxicas en superficie ($E_h > 400$ mV) en los suelos de *Spartina* las condiciones son bien subóxicas (E_h : 100-225 mV) o, incluso, ya anóxicas ($E_h < 100$ mV).

B) Vista general del hábitat en la ría de Ortigueira (A Coruña).



Fotografía A2.2

Ría de Betanzos. En la marisma baja es frecuente que *Spartina* se presente formando islotes más o menos circulares que con el tiempo acaban fusionándose con las adyacentes. Estos islotes corresponden a plantas que proceden de un mismo rizoma, ya que *Spartina maritima* no presenta reproducción sexual. El sustrato sobre el que se desarrolla, se encuentra fuertemente reducido; sin embargo con el tiempo bien por el incremento de la superficie del suelo y/o por la propia acción de la planta, la aireación del suelo aumenta pasando a tener condiciones óxicas en superficie. En este momento *Spartina* puede ser desplazada por especies de la marisma alta. En este caso por *Halimione portulacoides* que se ubica siempre entorno a los bordes de canal, donde la aireación del suelo es mayor.



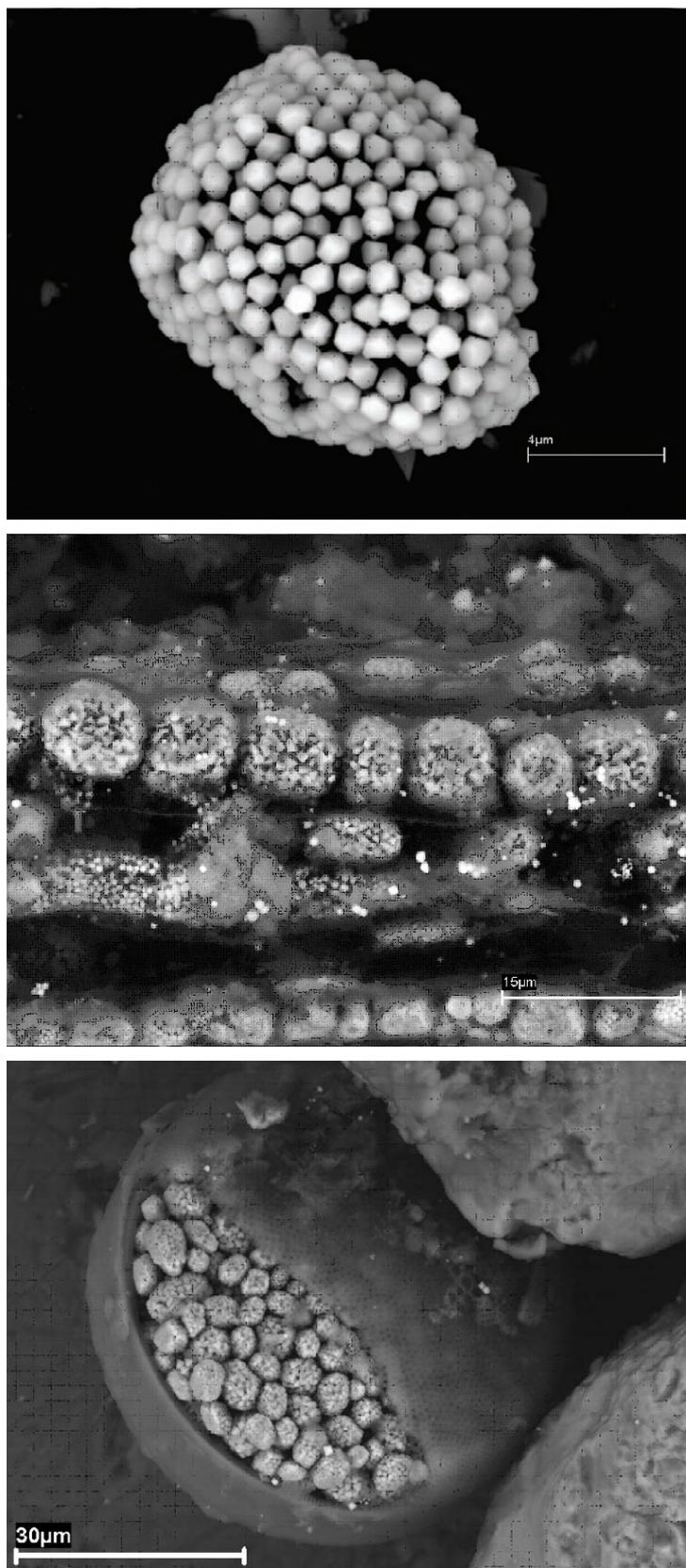
Fotografía A2.3

Stand de *Spartina* en la marisma alta. En la marisma alta o madura *Spartina* aparece únicamente asociada a pequeñas depresiones mal drenadas con condiciones anóxicas por debajo de los 5-10 cm de profundidad y presencia de sulfuro en el agua intersticial.



Fotografía A2.4

Ría de Ortigueira. *Spartina* coloniza sedimentos fuertemente reducidos; con el tiempo, bien la difusión pasiva del aire o bien por su transporte a través del arénquima, el suelo adquiere condiciones óxicas, siendo remplazada por otras especies de plantas sensibles a la toxicidad del sulfuro. La fotografía 4A representa un gradiente sedimentario (sin vegetación, sedimento de Esteiro, Ría de Ortigueira) → *Spartina* de la marisma baja (muy próxima al sedimento) → *Spartina* marisma alta (Ladrado y Mera). Se observa que el sedimento de color gris muy oscuro cuando se instala *Spartina* adquiere tonos ocres con moteados rojizos debido a la oxidación del Fe^{2+} y sulfuros de Fe. La fotografía 4B muestra claramente este efecto. En un sedimento anóxico (negro) el paso de una raíz conlleva una fuerte oxidación del Fe dando lugar a la precipitación de óxidos e hidróxidos de Fe.



Fotografía A2.5

Piritas framboidales al microscopio electrónico en suelos de *Spartina maritima* en las marismas de la ría de Ortigueira. La forma framboidal es la más frecuente en los suelos de marisma. Los framboides pueden aparecer aislados con un tamaño que suele oscilar entre las 5-50 μm o en el interior de raíces muertas o esqueletos de diatomeas.

6. DESCRIPCIÓN DE PERFILES REPRESENTATIVOS

A. Información general acerca del sitio

Código: EST1	
Localización	Marisma de Mera (Ortigueira)
Fecha	Marzo de 1996
Posición fisiográfica	Marisma baja
Altura	263-273 cm (Sánchez <i>et al.</i> , 1997)
Vegetación	<i>Spartinetum maritimae</i> Densidad de pies: 471±131 pies m ⁻² (Sánchez <i>et al.</i> , 1997)
Condiciones de humedad	Suelo permanentemente encharcado
Clasificación del suelo	FAO (2006): Tidalic Fluvisol (Prototónico) Soil Taxonomy (1999): Typic Sulfaquents

B. Descripción general de la unidad

El perfil corresponde a una zona de marisma baja situada por debajo del nivel medio de las pleamares muertas. Se trata de un suelo anóxico en superficie donde, a excepción de los primeros milímetros, el resto de la parte superficial del suelo presenta un color negro

verdoso que pone de manifiesto la presencia de sulfuros de Fe metaestables como la mackinawita (FeS) o greigita (Fe₃S₄). La densidad de pies de *Spartina maritima* (471±131 pies m⁻²) resultó muy inferior a la encontrada en la marisma de Mera (956±93 pies m⁻² perfil 2) lo que parece indicar que se trata de un estado de colonización incipiente (Sánchez *et al.*, 1997).

C. Descripción del perfil

Horizonte	prof. (cm)	Descripción
Ag	0-10	Horizonte con presencia de rizomas y raíces. Matriz color negro 5BG 2/1 (h) y gris 5Y 5/1 (s). Moteados rojos 2.5 YR 3/6 (h) y 2.5 YR 5/8 (s) asociados a la presencia de raíces. Olor a sulfhídrico. Escurre entre los dedos (n>2)
Cg	10-25	Ausencia de rizomas vivos y muy pocas raíces finas. Matriz color negro 5BG 2/1 (h) y gris verdoso, 10Y 5/1 (s). Ausencia de moteados. Fluye con facilidad entre los dedos (n: 1-1.4)
2Cr	25-35	Ausencia de rizomas y raíces vivas. Matriz gris oscura N5/, sin moteados. Abundantes arenas de cuarzo. Prácticamente maduro (n: 0.7-1)

Fase sólida										
Horizonte	Prof. (cm)	C org.	S total	pH			FeS ₂ (%)	Granulometría		
				(%)	Campo	H ₂ O(incub)		H ₂ O ₂	Arena	Limo
Ag	0-10	5,4	3,0	6,6	2,8	2,8	3,9	2,87	62,36	34,77
Cr	10-25	4,0	3,8	6,7	2,6	2,3	2,9	8,21	60,51	31,28
2Cr	25-35	3,7	1,3	6,5	2,7	2,4	1,6	29,95	47,65	22,40

Agua intersticial						
Horizonte	pH	Eh (mV)	Cond. elect. (dS m ⁻¹)	SO ₄ ⁼	Cl ⁻	SO ₄ /Cl
				mg l ⁻¹		
Ag	7,4	-90	40,2	1610	14187	0,11
Cr	-	-150	-	-	-	-
2Cr	7,5	-180	21,7	957	11375	0,08

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADMIRALTY, 1980. Tide Tables 1. European Waters Hydrographer to the Navy. Taunton.
- AINOUCHE, M.L., BAUMEL, A., SALMON, A., & YAN- NIC, G., 2004. Hybridization, Polyploidy and Speciation in *Spartina* (Poaceae). *New Phytologist* 161: 165-172.
- ÁLVAREZ-ROGEL, J., JIMÉNEZ-CÁRCELES, F.J., ROCA, M.J. & ORTIZ, R., 2007b. Changes in Soils and Vegetation in a Mediterranean Salt Marsh Impacted by Human Activities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 73: 510-526.
- ÁLVAREZ-ROGEL, J., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, J. J., CARRASCO, L., MARÍN, C.M., 2006. A Conceptual Model of Salt Marsh Distribution in Coastal Dunes of Southeast Spain. *Wetlands* 26: 703-717.
- BAUMEL A, AINOUCHE M.L., MISSET M.T., GOUR- RET, M.T. & BAYER, R.J., 2003. Genetic Evidence for Hybridization Between the Native *Spartina maritima* and the Introduced *Spartina alterniflora* (Poaceae) in South-West France: *Spartina X neyrautii* Re-examined. *Plant Systematics and Evolution* 237: 87-97.
- BENITO, I & ONAINDÍA, M., 1991. Estudio de la distribución de las plantas halófilas y su relación con los factores ambientales en la marisma de Mundana-Urdaibai. Implicaciones en la gestión del medio natural. Cuadernos de la sección Ciencias Naturales nº 8. Sociedad de Estudios Vascos.
- BERTNESS, M.D., 1991. Interspecific Interactions Among High Marsh Perennials in a New England Salt Marsh. *Ecology* 72:125-137.
- BUTLER, R.J., GREENSMITH, J.T. & WRIGHT, L.W., 1981. Shingle Spits and Salt Marshes in the Colne Point Area of Essex: A Geomorphological Study. Occasional Papers in Geographys, nº 18, P.E. Ogden (ed.). London: University of London, Queen Mary College.

- CASTELLANOS, ELOY M., NIEVA, F. JAVIER J., CASTILLO, JESÚS M., LUQUE, CARLOS J. & FIGUEROA & ENRIQUE, M., 2000. *Successional and Competitive Mechanisms During Early Succession in a Tidal Salt-Marsh*. Proceedings IAVS Symposium. pp 67-70.
- CASTELLANOS, E.M., FIGUEROA, M.E. & DAVY, A.J., 1994. Nucleation and Facilitation in Saltmarsh Succession: Interactions Between *Spartina maritima* and *Arthrocnemum perenne*. *Journal of Ecology* 82: 239-248.
- CHAPMAN, V.J., 1974. *Saltmarshes and Salt Deserts of the World*. Bremerhaven: J. Cramer Verlag.
- CLINE, J.E., 1969. Spectrophotometric Determination of Hydrogen Sulfide in Natural Waters. *Limnol. Oceanogr.* 14: 454-458.
- GALLEGO, J.B. & GARCIA-NOVO, F., 2008. High-Intensity Versus Low-Intensity Restoration Alternatives of a Tidal Marsh in Guadalquivir Estuary, SW Spain. *Ecological engineering* 30:112-121.
- HINES, M.E., KNOLLMEYER, S.L. & TUGEL, J.B., 1989 Sulfate Reduction and Other Sedimentary Biogeochemistry in a Northern New England Salt Marsh. *Limnol. Oceanogr.* 34: 578-590.
- LONG, S.D. & MASON, C.F., 1983. *Salt Marsh Ecology*. London: Blackie.
- OTERO, X.L., SÁNCHEZ, J.M. & MACÍAS, F., 1998 Caracterización de las condiciones edáficas sobre las que se desarrolla *Spartina maritima* (Curtis) Fernald, 1916 (Gramineae) en las marismas de la ría de Ortigueira (Galicia, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (sec. Biol.) 94: 5-13.
- OTERO, X. L., 2000. Biogeoquímica de metales pesados en ambientes sedimentarios marinos: I.- Fluvisoles de la marisma de la ría de Ortigueira. II.- Fosa Hidrotermal de Guaymas (Golfo de California-México). Tesis Doctoral. Universidad de Santiago de Compostela.
- OTERO, X.L., CALVO, R. & MACÍAS, F., 2006. Sulphur Partitioning in Sediments and Biodeposits Below Mussel Rafts in the ría de Arousa (Galicia, NW Spain). *Marine Environmental Research*: 305-325.
- PENNINGS, S. & CALLAWAY, R.M., 1992. Salt Marsh Plant Zonation: the Relative Importance of Competition and Physical Factors. *Ecology* 73: 681-690.
- PENNINGS, S. & MOORE, D.J., 2003. Zonation of Shrubs in Western Atlantic Salt Marshes. *Oecologia* 126: 587-594.
- PRICE, J.; EWING, K., WOO, M-K & KERHSAW, K.A., 1988. Vegetation Patterns in James Bay Coastal Marshes. II. Effects of Hydrology on Salinity and Vegetation. *Can. J. Bot.* 66: 2.586-2.594.
- RANWELL, D.S., 1972. *Ecology of Salt Marshes and Sand Dunes*. London: Chapman & Hall.
- SÁNCHEZ, J.M., OTERO, X.I. IZCO, J. & MACÍAS, F., 1997. Growth Form and Population Density of *Spartina maritima* (Curtis) Fernald in Northwest Spain. *Wetlands* 17: 368-374.
- SÁNCHEZ, J.M., OTERO, X.L. & IZCO, J., 1998. Relationships Between Vegetation and Environmental Characteristics in a Salt-Marsh System on the Coast of Northwest Spain. *Plant Ecology* 136: 1-8.
- SNOW, A.A. & VINCE, S.W., 1984 Plant Zonation in an Alaskan Salt Marsh. *J. Ecology* 72: 669-684.