



1230

**ACANTILADOS CON VEGETACIÓN DE
LAS COSTAS ATLÁNTICAS Y BÁLTICAS**

AUTORES

Juan López Bedoya y Augusto Pérez Alberti

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).

Autores: Juan López Bedoya¹ y Augusto Pérez Alberti¹.

¹Univ. de Santiago de Compostela.

Colaboraciones específicas relacionadas con los grupos de especies:

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), M.^a Inmaculada Romero Buján (coordinadora regional) y M.^a Inmaculada Romero Buján (colaborador-autor).

Colaboración específica relacionada con suelos:

Sociedad Española de la Ciencia del Suelo (SECS). Felipe Macías Vázquez, Roberto Calvelo Pereira 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:

LOPEZ-BEDOYA, J. L. & PÉREZ-ALBERTI, A., 2009. 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas. 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. 144 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. Descripción	7
1.3. Esquema sintaxonómico	8
1.4. Distribución geográfica	9
2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA	13
2.1. Regiones naturales	13
2.2. Demarcaciones hidrográficas	14
2.2.1. Identificación de masas de agua superficiales	14
2.3. Factores biofísicos de control	25
2.3.1. Factores marinos que controlan las formas acantiladas	25
2.3.2. Factores terrestres que condicionan el modelado de los acantilados y tipos existentes	29
2.4. Subtipos de acantilados	30
2.4.1. Subtipos de hábitat en función de la pendiente o inclinación de los acantilados	30
2.4.2. El papel de la litología en la configuración de subtipos de acantilados	32
2.4.3. En función de su génesis	35
2.4.4. El papel de la altura en combinación con las geoformas acompañantes	36
2.4.5. El grado de estabilidad	38
2.4.6. La originalidad de las playas de bloques asociadas (<i>coídos</i>)	39
2.5. Exigencias ecológicas	40
2.5.1. Factores y procesos naturales que controlan la presencia de vegetación y fauna de los acantilados	40
2.5.2. Factores y procesos antrópicos que afectan a las formas y a la cobertura biológica de los acantilados	41
2.5.3. La interrelación de factores y procesos y la ocupación biológica de los acantilados	45
2.5.4. Especies características/diagnósticas	65
2.6. Especies de los anexos II, IV y V	65
3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN	67
3.1. Determinación y seguimiento de la superficie ocupada	67
3.2. Identificación y evaluación de las especies típicas	68
3.3. Evaluación de la estructura y función	68
3.3.1. Factores, variables y/o índices	68
3.3.2. Protocolo para determinar el estado de conservación global de la estructura y función	99
3.3.3. Protocolo para establecer un sistema de vigilancia global del estado de conservación de la estructura y función	105
3.4. Evaluación y perspectivas de futuro	106

4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN	107
5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	111
5.1. Bienes y servicios	111
5.2. Líneas prioritarias de investigación	111
6. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA	113
7. FOTOGRAFÍAS	117
Anexo 1: Información complementaria sobre especies	135
Anexo 2: Información edafológica complementaria	139



1. PRESENTACIÓN GENERAL

1.1. CÓDIGO Y NOMBRE

1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas

1.2. DESCRIPCIÓN

Este tipo de hábitat se distribuye por las costas peninsulares del océano Atlántico, desde la cornisa cantábrica hasta el estrecho de Gibraltar.

Se incluye en este tipo de hábitat la parte de los acantilados atlánticos situada en primera línea costera, generalmente con topografías abruptas o verticales y con influencia máxima de los vientos cargados de sales y de las salpicaduras y aerosoles marinos. La vegetación característica que vive en estos medios es reemplazada hacia el interior, en la zona cántabro-atlántica, por brezales aerohalófilos del tipo de hábitat 4040 Brezales costeros con *Erica vagans* (*), mientras que en la zona del Estrecho son las formaciones predesérticas del tipo de hábitat 5330 Matorrales termomediterráneos, Matorrales suculentos canarios (macaronésicos) dominados por Euforbias endémicas y nativas y Tomillares semiáridos dominados por plumbagináceas y quenopidiáceas endémicas y nativas, las que forman la segunda banda de vegetación en el gradiente de los acantilados costeros. Puede tratarse de acantilados desarrollados sobre todo tipo de rocas compactas, tanto ácidas como básicas.

La vegetación que vive en este medio es una formación rupícola abierta dominada casi siempre por el hinojo de mar (*Crithmum maritimum*) o por gramíneas que forman céspedes, como *Festuca rubra* subsp. *pruinosa*, a las que suelen acompañar otras especies aerohalófilas, como *Plantago maritima*, *Inula crithmoides*, *Daucus carota* subsp. *gummifer*, etc. Son características distintas especies de *Limonium* de distribución muy local que confieren variabilidad biogeográfica a estas comunidades (*Limo-*

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

1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas

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

Vegetated cliffs exhibit a complex pattern of variation reflecting the degree of maritime exposure, geology and geomorphology, biogeographical provenance and pattern of human management. Typically, on the most exposed cliffs there is a zonation from crevice and ledge communities of the steepest slopes beside the sea ([*Crithmo-Armerietalia*], Géhu 1964) through to closed maritime grasslands on upper cliff slopes, cliff tops and cliff ledges where there is deeper accumulation of soils ([*Silenion maritimae*], Malloch 1973). Further inland and on more sheltered cliffs, these grade into a complex assemblage of maritime and paramaritime types of heath, calcareous grassland, acid grassland, therophyte, tall herb, scrub and wind-pruned woodland vegetation, each enriched by floristic elements characteristic of coastal habitats. On soft coasts with much active movement, complex assemblages of maritime and non-maritime vegetation occur.

Relaciones con otras clasificaciones de hábitat

EUNIS Habitat Classification 200410

B3.3 Rock cliffs, ledges and shores, with angiosperms

Palaeartic Habitat Classification 1996

Northern sea-cliff communities

nium binervosum, *L. ovalifolium*, *L. emarginatum*, etc.), además de otros endemismos o especies muy adaptadas a estos medios tan restrictivos, en los que encuentran su refugio, confiriendo gran interés florístico a este tipo de hábitat (*Silene uniflora*, *S. obtusifolia*, *Angelica pachycarpa*, *Trifolium occidentale*, *Armeria maritima*, *Spergularia rupicola*, etc.).

La avifauna que descansa o anida en acantilados marinos está representada por el cormorán moñudo (*Phalacrocorax aristotelis*), la gaviota tridáctila (*Rissa tridactyla*) o el, cada vez más escaso, arao común (*Uria aalge*).

1.3. ESQUEMA SINTAXONÓMICO

Código del tipo de hábitat de interés comunitario	Hábitat del Atlas y Manual de los Hábitat de España	
	Código	Nombre científico
1230	123010	<i>Crithmo-Armerion maritimae</i> Géhu 1968
1230	123011	<i>Armerio depilatae-Limonietum ovalifolii</i> F. Prieto & Loidi 1984
1230	123012	<i>Crithmo maritimi-Armerietum pubigeræ</i> Rivas-Martínez 1978
1230	123013	<i>Crithmo maritimi-Limonietum binervosi</i> Pavillard ex A. Velasco 1983
1230	123014	<i>Crithmo maritimi-Plantaginetum maritimæ</i> Guinea 1949
1230	123015	<i>Dauco gummiferi-Festucetum pruinosæ</i> Rivas-Martínez 1978
1230	123016	<i>Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosæ</i> Géhu & Géhu-Franck 1980 corr. F. Prieto & Loidi 1984
1230	123017	<i>Spergulario rupicolæ-Armerietum depilatae</i> F. Prieto & Loidi 1984
1230	123020	<i>Crithmo-Daucion halophili</i> Rivas-Martínez, Lousã, T.E. Díaz, Fernández-González & J.C. Costa 1990
1230	123021	<i>Limonietum emarginati</i> Asensi 1984
1230	123030	<i>Saginion maritimæ</i> Westhoff, Van Leeuwen & Adriani 1962
1230	123031	<i>Sagino maritimæ-Catapodietum marinae</i> Tüxen in Tüxen & Westhoff 1963
1230	123032	<i>Sagino maritimæ-Cochlearietum danicæ</i> Tüxen & Gillner in Tüxen & Bockelmann 1957

Tabla 1.1

Clasificación del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas. Datos del Atlas y Manual de los Hábitat de España (inédito).

1.4. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA

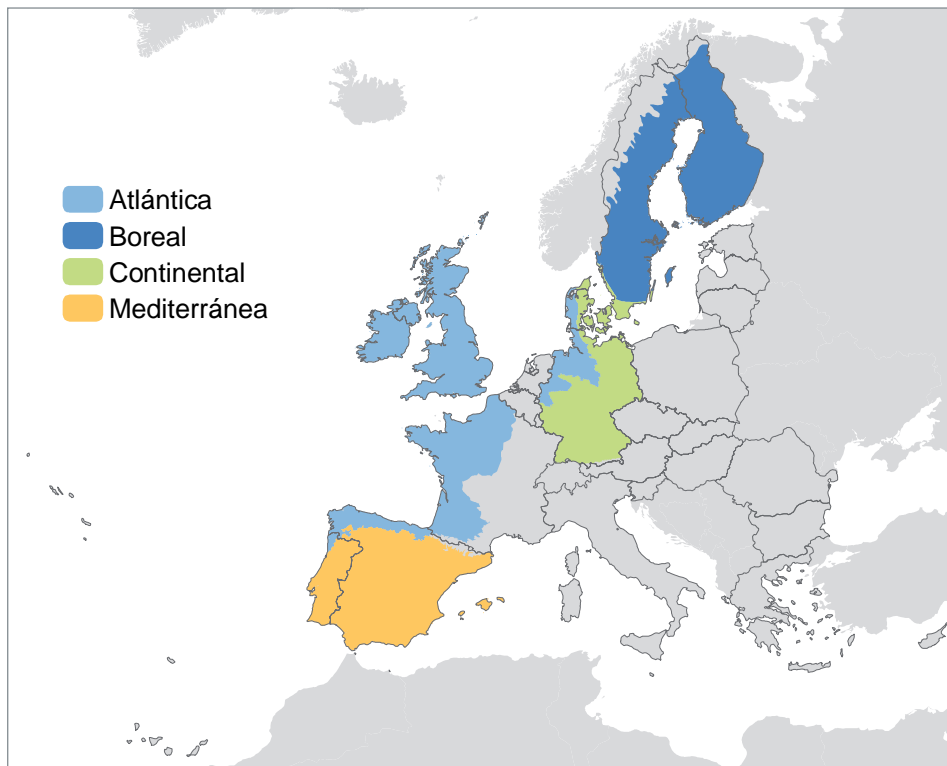


Figura 1.1

Mapa de distribución del tipo de hábitat 1230 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 1230. 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	3.007,94	1.771,73	58,90
Macaronésica	—	—	—
Mediterránea	4,11	1,14	27,74
TOTAL	3.012,05	1.772,87	58,86

Tabla 1.2

Superficie ocupada por el tipo de hábitat 1230 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.

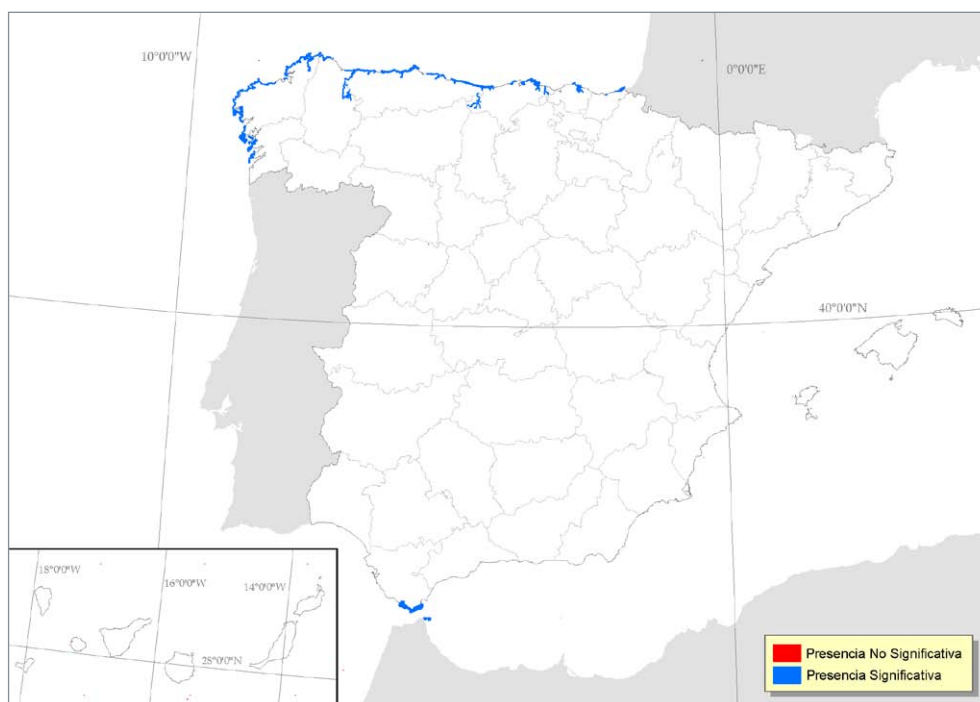


Figura 1.3

Lugares de Interés Comunitario en que está presente el tipo de hábitat 1230.

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	19	14	1	—	3.104,45
Macaronésica	—	—	—	—	—
Mediterránea	3	—	—	—	215,21
TOTAL	22	14	1	—	3.319,67

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.

NOTA: en esta tabla no se han considerado aquellos LIC que están presentes en dos o más regiones biogeográficas, por lo que los totales no reflejan el número real de LIC en los que está representado el tipo de hábitat 1230.

Tabla 1.3

Número de LIC en los que está presente el tipo de hábitat 1230, 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.

1230 PORCENTAJE DE COBERTURA

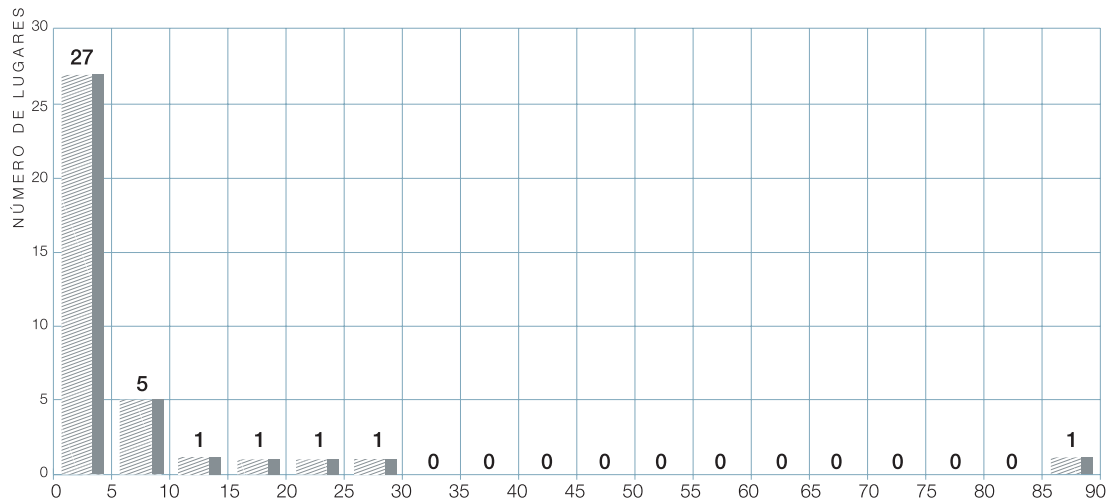


Figura 1.4

Frecuencia de cobertura del tipo de hábitat 1230 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.	—	—	100%	—
	LIC	—	—	33,33%	—
Asturias	Sup.	—	11,85%	—	—
	LIC	—	17,64%	—	—
Cantabria	Sup.	—	15,17%	—	—
	LIC	—	20,58%	—	—
Ceuta	Sup.	—	—	—	—
	LIC	—	—	66,66%	—
Galicia	Sup.	—	64,19%	—	—
	LIC	—	44,11%	—	—
Melilla	Sup.	—	—	—	—
	LIC	—	—	66,66%	—
País Vasco	Sup.	—	8,77%	—	—
	LIC	—	17,64%	—	—

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 1230 en España por comunidades autónomas en cada región biogeográfica.



2. CARACTERIZACIÓN ECOLÓGICA

2.1. REGIONES NATURALES

Los acantilados atlánticos se distribuyen por las regiones naturales 2, Atlántica y 3, Mediterránea. Según datos que aporta el Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino a partir del análisis de ortofotos y mapas, aparecen las siguientes extensiones en los diferentes niveles de corte de regiones y comarcas naturales para este tipo de hábitat:

Nivel 1: Regiones naturales

2 (Atlántica) (tipo de hábitat 1230): 1.250,36

Nivel 2

211 (tipo de hábitat 1230): 31,19
222 (tipo de hábitat 1230): 1.219,17

Nivel 3

2111 (Galicia) (tipo de hábitat 1230): 31,19
2221 (Cantabria) (tipo de hábitat 1230): 533,38
2223 (Galicia norte y Asturias) (tipo de hábitat 1230): 685,79

Nivel 4

21111 (tipo de hábitat 1230): 31,19
22211 (tipo de hábitat 1230): 480,58
22212 (tipo de hábitat 1230): 52,80
22231 (tipo de hábitat 1230): 431,87
22232 (tipo de hábitat 1230): 253,91

TABLA GENERALIZACIÓN						
ID	Nivel. Simplif.	Cod.UE	Tipo de Hábitat	Sup. Tipo de Hábitat	Sup. Total del tipo de Hábitat	Porcentaje Región natural
157	ATL2	1230	Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas	3,43554715	2.304,09390933	0,14910621203799
189	ATL3	1230	Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas	178,263514231	2.304,09390933	7,73681634716168
293	ATL6	1230	Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas	719,515250039	2.304,09390933	31,2276876877916
348	ATL7	1230	Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas	1.402,101559926	2.304,09390933	60,8526221196302
1742	MED42	1230	Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas	0,778037984	2.304,09390933	3,37676333785476E-02

Tabla 2.1

Tabla de regiones naturales para el tipo de hábitat de interés comunitario 1230.

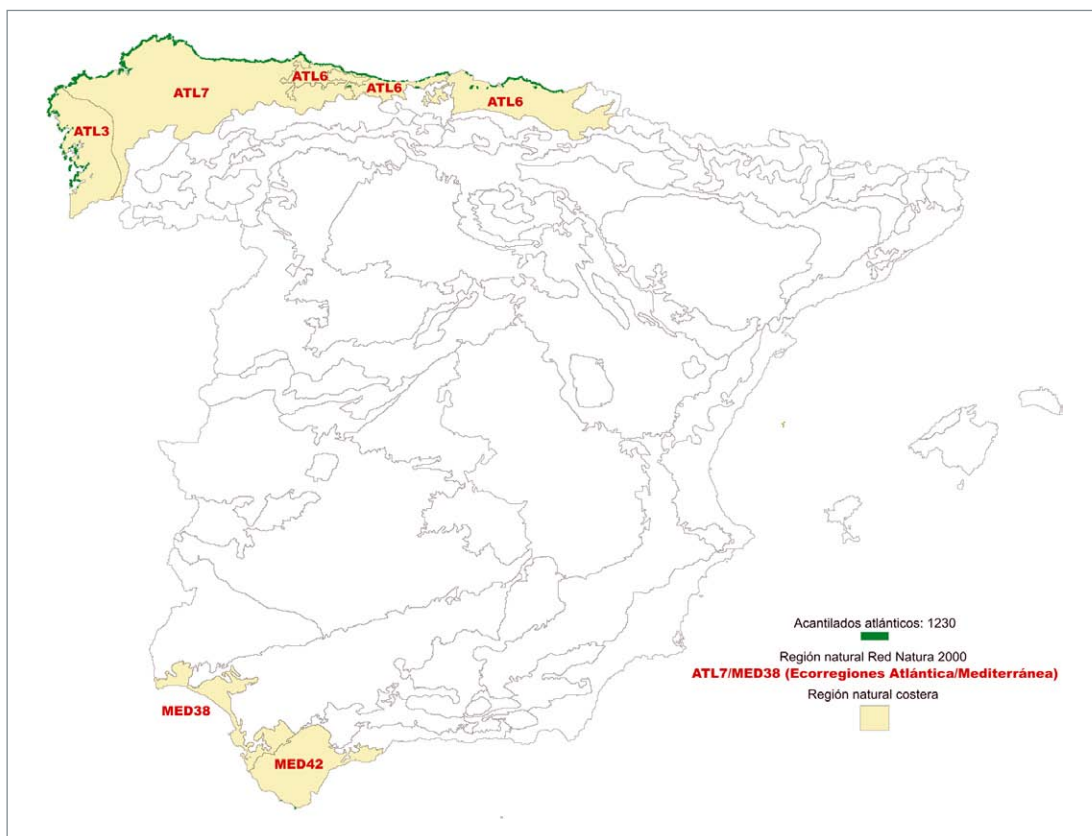


Figura 2.1

Regiones naturales para la red Natura 2000. Amplitud geográfica de los acantilados atlánticos en la Península Ibérica. Datos aportados por el Ministerio de Medio Ambiente.

Una de las conclusiones más importantes que se pueden obtener de la cartografía presentada es un desajuste claro entre la superficie anotada en las bases SIG y la distribución real de los acantilados. Esto se debe a un problema de escalas, relación poco exacta en el presente trabajo y que necesita de una actualización con el desarrollo de una fotointerpretación de detalle y una validación de campo que permita conocer la extensión verdadera de los tramos acantilados atlánticos peninsulares.

2.2. DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS

Aún tratándose de sistemas litorales, la morfodinámica y caracterización ecológica de los acantilados y playas de material grueso no está desvinculada de la dinámica fluvial. Las costas cantábrica y del noroeste se incluyen en las demarcaciones hidrográficas norte, Galicia costa y Miño. La costa del País

Vasco se encuentra en la demarcación norte y el ámbito de aplicación norte III, el litoral de Cantabria y Asturias pertenece a la misma demarcación y el ámbito norte II. Si exceptuamos la desembocadura del Miño, que pertenecía a la demarcación norte, ámbito norte I, y ahora pasará a depender de una nueva confederación hidrográfica, la del Miño-Sil, con cabecera en la ciudad de Ourense, el resto de la costa gallega pertenece a la demarcación Galicia costa.

Las costas atlánticas andaluzas se asocian a las cuencas del Guadiana y del Guadalquivir, en concreto a los ámbitos Guadiana II y Guadalquivir.

2.2.1. Identificación de masas de agua superficiales

Las costas atlánticas españolas están afectadas por dos masas de agua principales:

- Agua central del Atlántico noreste (ENACW en sus siglas en inglés): subdividida en dos masas de origen subtropical y subpolar (Fraga, 1982; Fiuza *et al.*, 1998). La variabilidad interanual de esta masa de agua está estrechamente relacionada con los patrones de forzamiento atmosférico y se ha verificado su relación con la NAO (Huthnance *et al.*, 2002). La oscilación del Atlántico norte puede emplearse como indicador de los patrones de evaporación y precipitación y, por tanto, de formación de aguas modales en la zona de estudio (Pérez *et al.*, 2000). En fase positiva se beneficia la evaporación y pérdida de calor en la capa superficial del océano, siendo favorecidas la formación y subducción de agua modales frías y salinas. En cambio, en la fase de dominancia de vientos del sur, se favorece la precipitación, dando lugar a la formación de aguas modales cálidas y menos saladas que, a su vez, no aminoran la subducción de las mismas hacia el océano interior (Pérez *et al.*, 1995).
- Agua de origen mediterráneo (MW): el vertido de agua mediterránea al Atlántico en el estrecho de Gibraltar y la subsiguiente evolución, distribución y mezcla por la cuenca atlántica ha sido ampliamente estudiado (Tsimplis & Bryden, 2000; Iorga and Lozier, 1999; Mauritzen *et al.*, 2001). Se verifica que una elevada parte del transporte total de agua mediterránea se efectúa en forma de

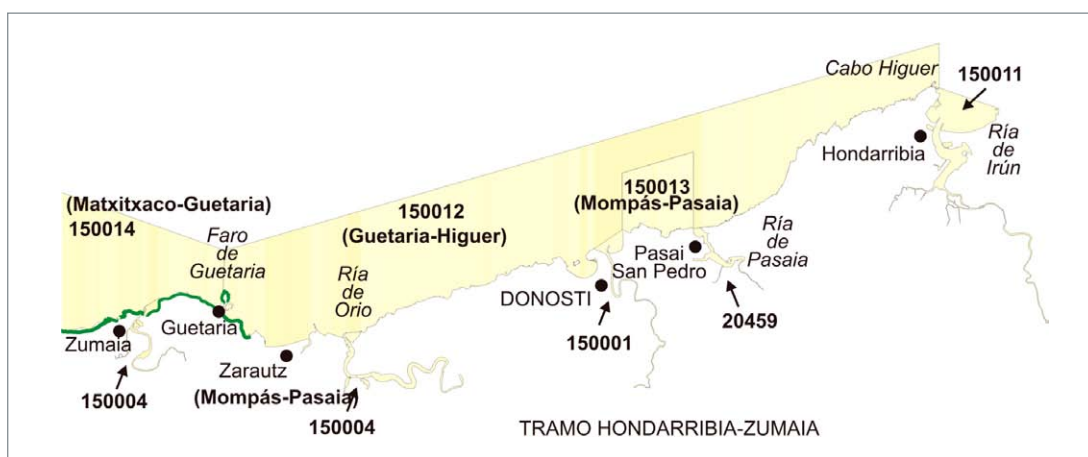
meddies, remolinos aislados del patrón general que se han llegado a trazar hasta la costa gallega (Paillet *et al.*, 1999). En los últimos años parece que el agua mediterránea está experimentando un calentamiento y salinización (Rohling & Bryden, 1992). Consecuentemente, es de esperar que las propiedades, distribución y circulación del MW en la zona se vean a su vez afectadas. Estudios con modelos numéricos sugieren, para un escenario de variabilidad climática a las actuales tasas de cambio, el colapso a medio plazo de la formación de agua profunda en el Mediterráneo que inducirían variaciones en la MOW sobre el año 2100 (Torpe & Bigg, 2000). Las observaciones en una estación fija al norte de Santander sugieren variaciones progresivas en las propiedades de la MOW durante la última década que podrían estar relacionadas con cambios detectados en las masas centrales y profundas del agua mediterránea (González-Pola & Lavín, inédito), (Vargas *et al.*, 2002).

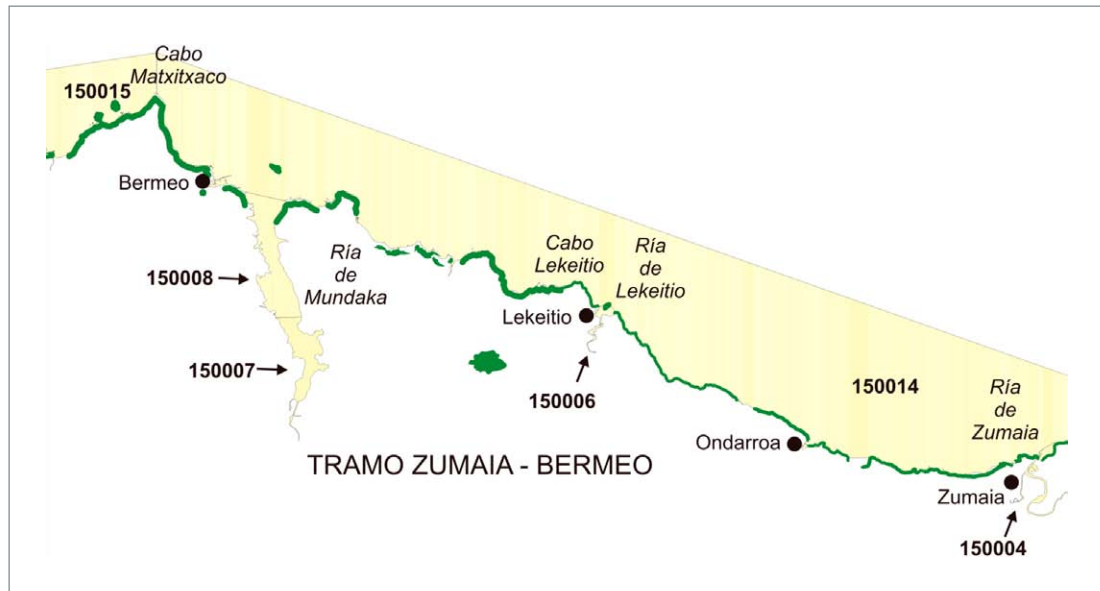
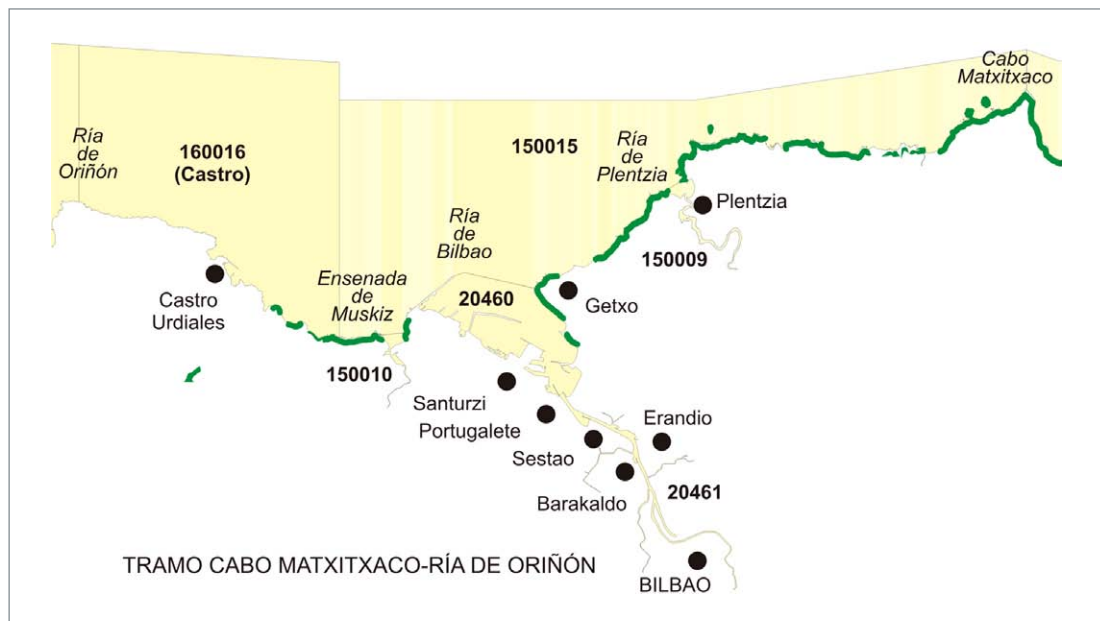
Por lo que se refiere a las aguas costeras que bañan los acantilados costeros atlánticos, la siguiente cartografía aporta tanto los sectores marinos que comprenden (en amarillo), los códigos de masa y nombre, en el caso de que existan, la distribución de los acantilados (en verde), y topónimos interiores y costeros de referencia para que ayude a su localización general.

Subregión Cantábrica

■ Sector Euskadi

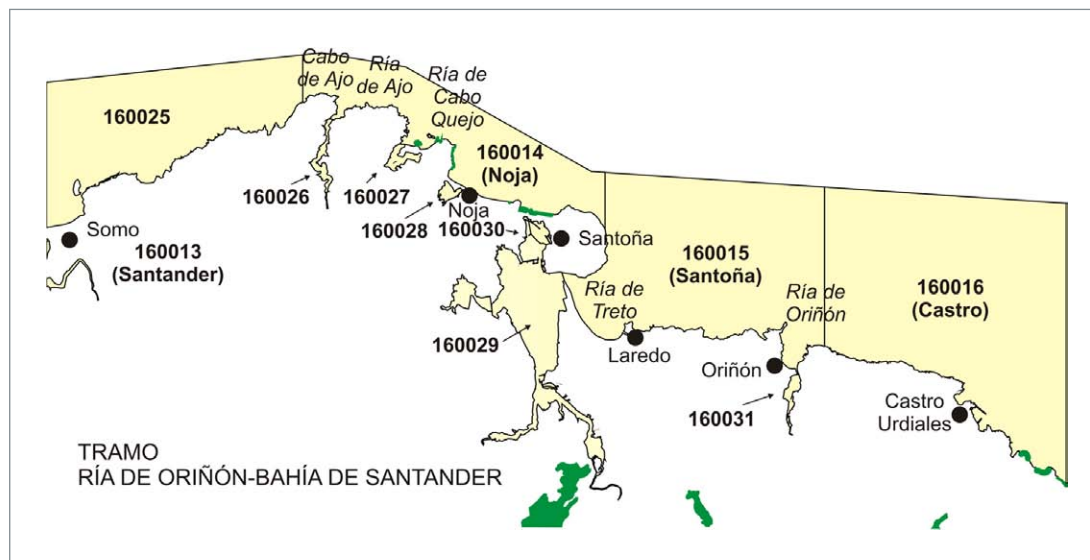
Tramo Hondarribia-Zumaia



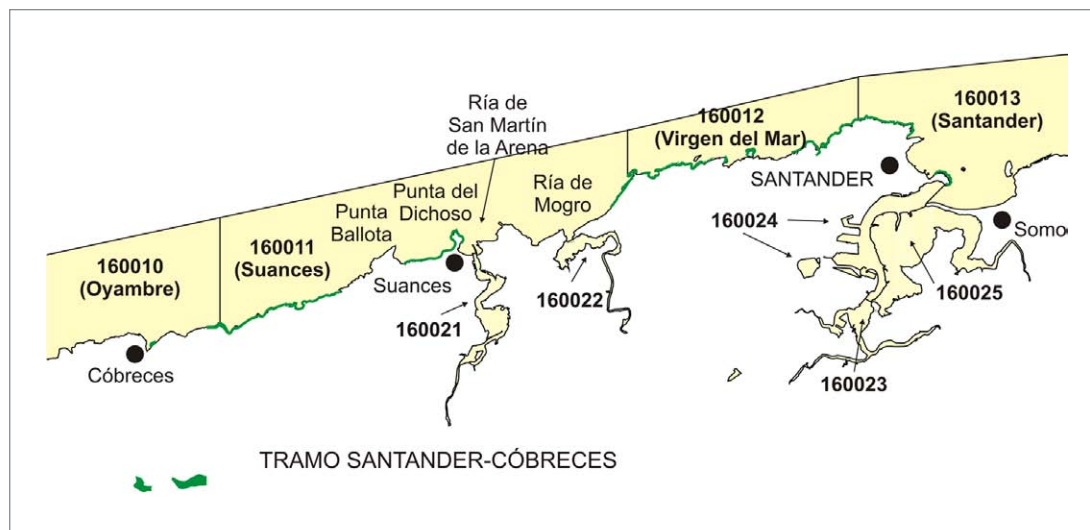
Tramo Zumaia-Bermeo*Tramo Cabo Matxitxaco-Ría de Oriñón (Sectores Euskadi y Cantabria)*

■ Sector Cantabria

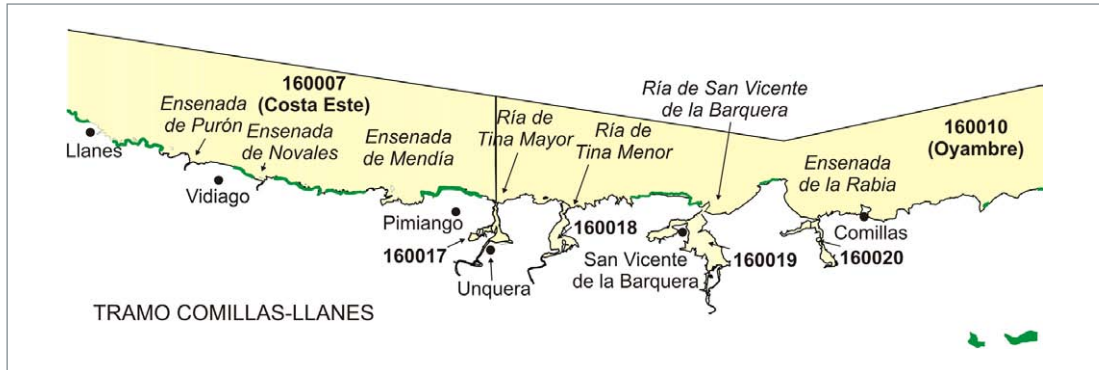
Tramo Ría de Oriñón-Somo (Bahía de Santander)



Tramo Santander-Cóbreces



Tramo Comillas-Llanes (Sectores Cantabria y Asturias)

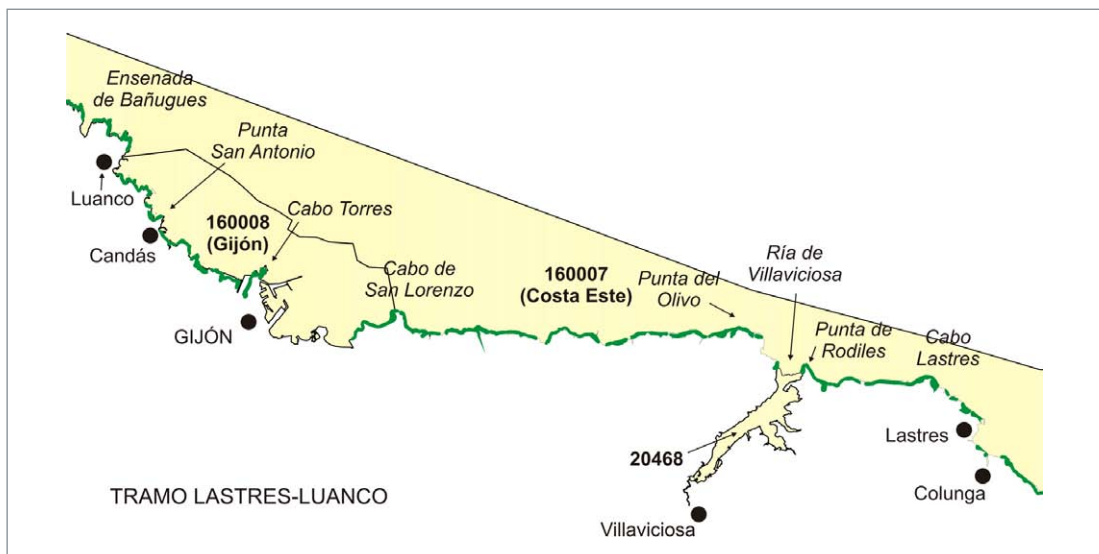


■ **Sector Asturias**

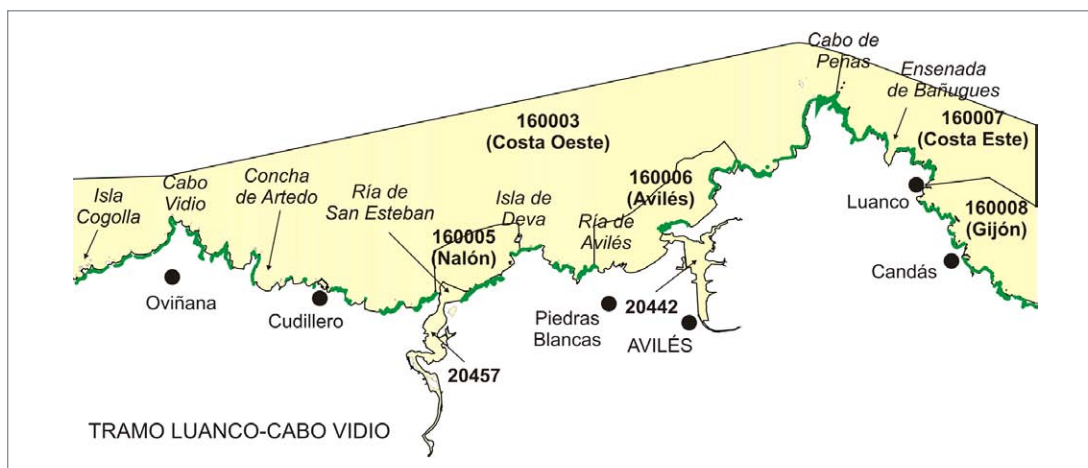
Tramo Comillas-Llanes



Tramo Lastres-Luanco



Tramo Luanco-Cabo Vidio



Tramo Cabo Vidio-Punta del Picón



Tramo Navia-Foz (Sectores Asturias y Galicia)



■ Sector Galicia

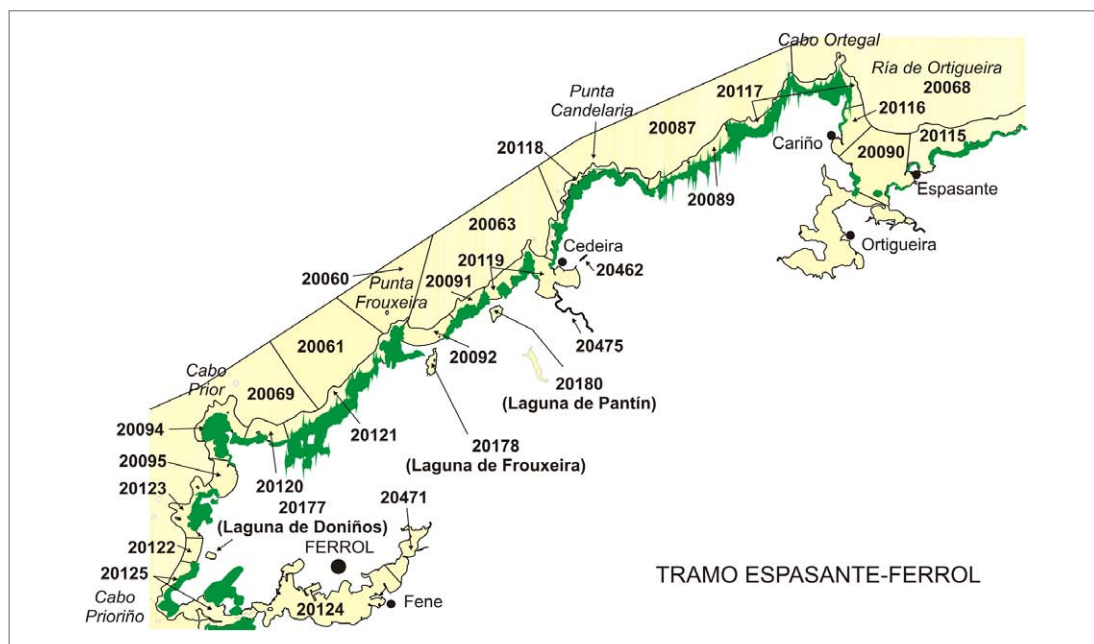
Tramo Foz-Espasante



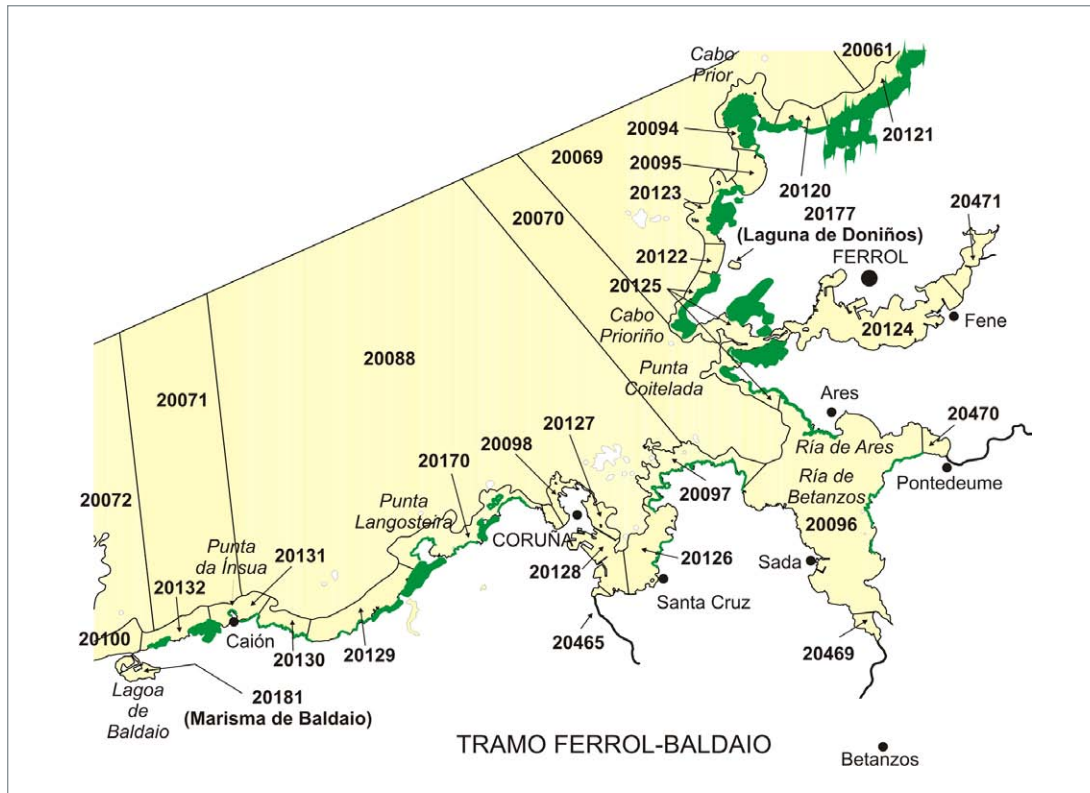
Subregión Atlántica Noroeste

■ Sector Galicia

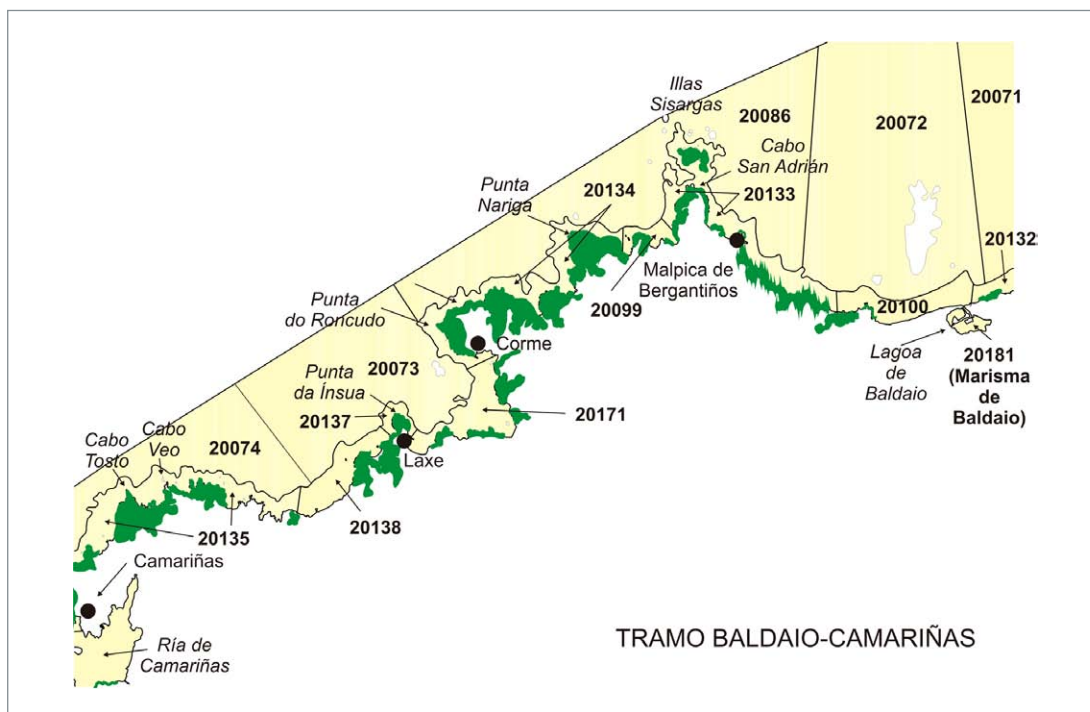
Tramo Espasante-Ferrol



Tramo Ferrol-Baldaio



Tramo Baldaio-Camariñas

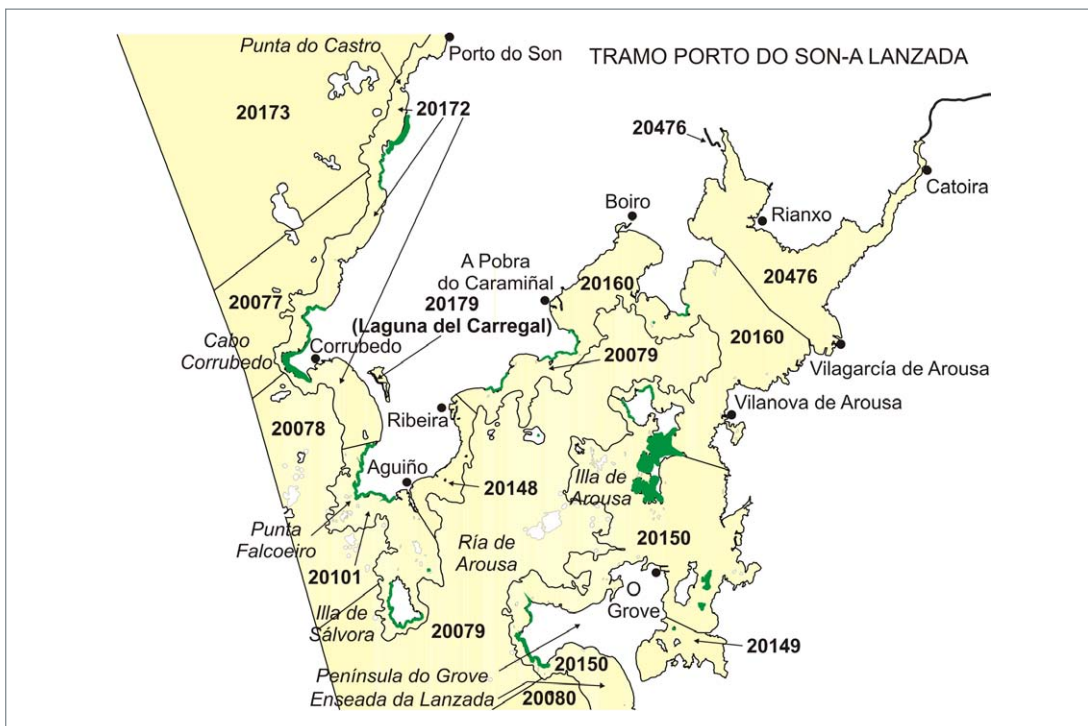


Tramo Camariñas-Cee

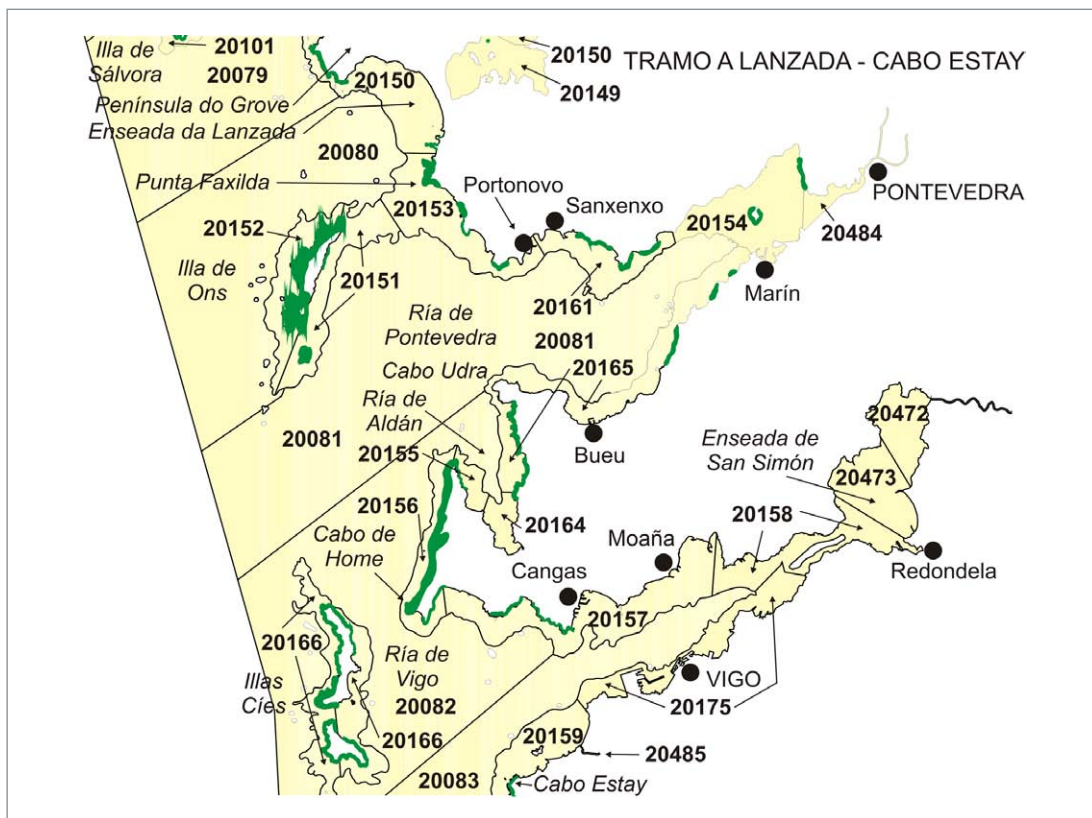
Tramo Fisterra-Porto do Son



Tramo Porto do Son-A Lanzada



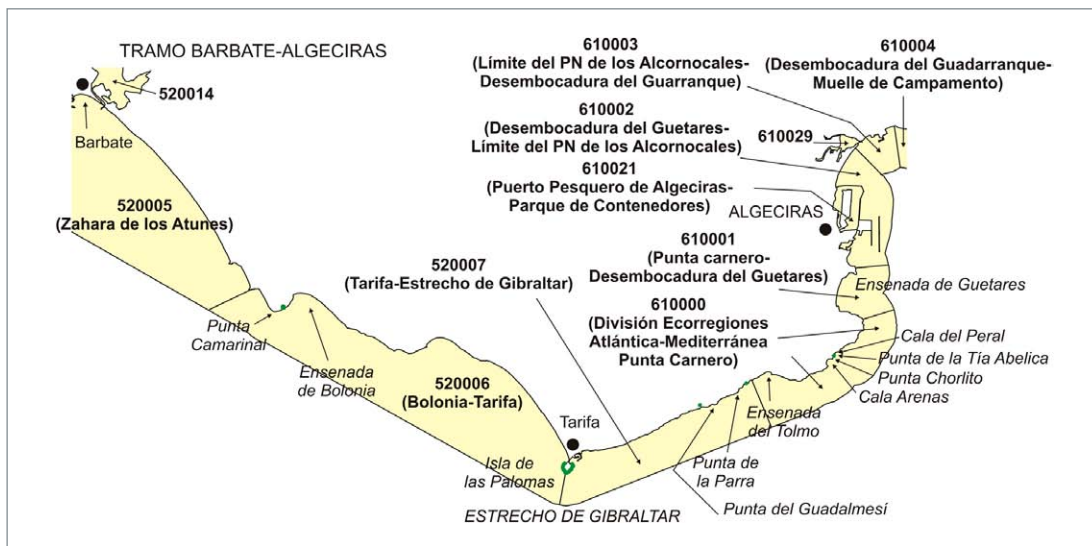
Tramo A Lanzada - Cabo Estay



Subregión Atlántica Suroeste

■ **Sector Andalucía**

Tramo Barbate-Algeciras



2.3. FACTORES BIOFÍSICOS DE CONTROL

Para entender los acantilados es necesario poner en relación todo un conjunto de factores, unos relacionados directamente con el medio marino, otros con el medio terrestre, sin olvidarnos de los factores climáticos o antrópicos.

2.3.1. Factores marinos que controlan las formas acantiladas

2.3.1.1. Las mareas

Las principales diferencias en los factores que intervienen en la morfodinámica de los acantilados de

las costas atlánticas españolas radican en las variaciones energéticas del oleaje, en las distintas condiciones climáticas, en las diferencias litológicas y en las distintas historias evolutivas que han experimentado. Igualmente, en menor medida, existen diferencias en aspectos como el rango mareal, que tiende a aumentar hacia el norte (ver tabla 2.2).

2.3.1.2. Los oleajes

El ambiente energético también muestra diferencias entre los sectores cantábrico, atlántico noroeste y atlántico suroeste. Las costas cantábrica y atlántica noroeste están sometidas a un oleaje más energético que la costa atlántica andaluza, siendo frecuentes las olas de más de tres metros de altura significativa (ver tabla 2.3).

MAREÓGRAFO	CARRERA (CM)			PERÍODO DE DATOS
	Mínima	Media	Máxima	
Bilbao	99	286	503	1993-2003
Santander	99	286	501	1993-2003
Gijón	99	282	496	1996-2003
A Coruña	86	259	458	1993-2003
Vilagarcía	79	244	423	1997-2003
Vigo	82	242	421	1993-2003
Huelva	75	227	400	1997-2003
Sevilla (Bonanza)	66	204	347	1997-2003

Tabla 2.2

Variaciones del rango mareal para diferentes localidades costeras.

Fuente: Red de Mareógrafos, Puertos del Estado.

	BOYAS								
	Bilbao ⁽¹⁾	Gijón ⁽¹⁾	Peñas ⁽²⁾	Bares ⁽²⁾	Coruña ⁽¹⁾	Vilano ⁽²⁾	Silleiro ⁽¹⁾	Cádiz ⁽¹⁾	
Hs (m)	<0,5	5,64	3,82	0,82	0,13	1,55	0,14	1,77	24,68
	1	34,38	28,08	18,56	8,37	20,35	8,42	21,66	49,23
	1,5	26,40	27,63	24,85	19,2	25,34	18,62	26,55	15,64
	2	14,74	16,78	19,63	20,37	18,04	19,82	17,64	5,27
	2,5	8,60	10,22	14,04	15,9	12,56	17,28	11,85	2,71
	3	4,94	5,93	8,51	12,55	8,17	13,31	7,85	1,22
	3,5	2,69	3,53	5,57	7,51	5,53	8,07	5,16	0,62
	4	1,38	1,66	3,33	5,24	3,35	5,27	2,96	0,34
	4,5	0,64	1,12	1,93	3,49	2,11	3,33	1,86	0,18
	5	0,33	0,68	1,17	2,65	1,3	2,16	1,19	0,58
	>5,0	0,20	0,51	1,56	4,55	1,68	3,56	1,48	0,37

⁽¹⁾ Boya costera. ⁽²⁾ Boya exterior.

Tabla 2.3

Altura significativa en las costas atlánticas, en porcentaje.

Fuente: Red de Boyas de Puertos del Estado.

En las costas del norte peninsular, y de manera especial en el tramo atlántico gallego, el oleaje de fondo (*swell*) representa un porcentaje importante del total de olas altas que llegan a las costas más

expuestas. Además, durante el otoño y el invierno las costas cantábricas y noratlánticas están expuestas a frecuentes temporales asociados al paso de borrascas.

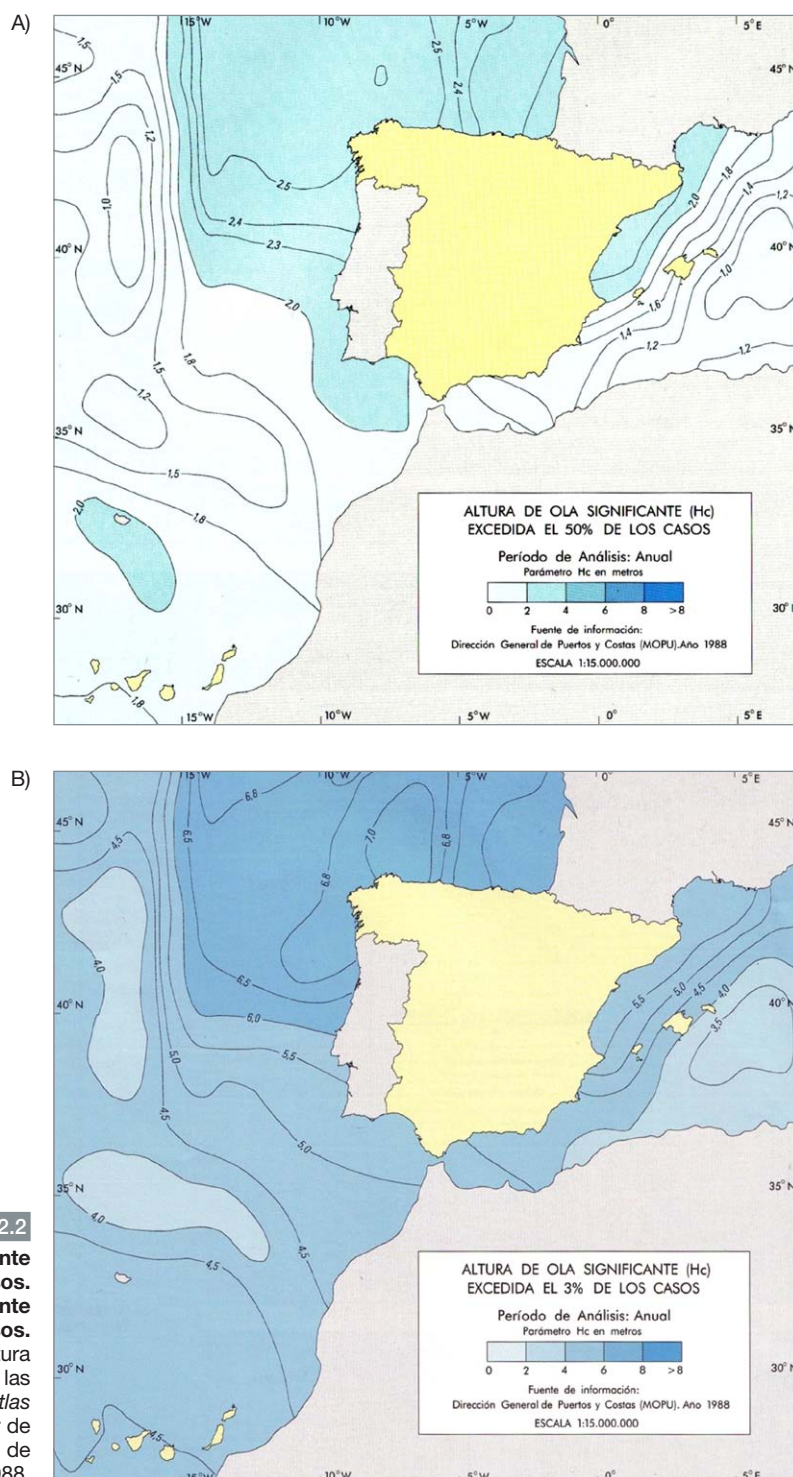


Figura 2.2

A) Altura de ola significativa excedida el 50% de los casos.
B) Altura de ola significativa excedida el 3% de los casos.
Las figuras muestran la altura significativa anual en metros en las costas españolas, según el *Atlas Nacional de España*, a partir de datos de la Dirección general de Costas, 1988.

2.3.1.3. La salinidad

Una característica importante, a la hora de analizar la distribución de animales y plantas en los acantilados, es el grado de salinidad del agua del mar, es decir, la cantidad de sales contenidas en un litro de agua de mar. En el mar hay muchas sales disueltas y sus proporciones son muy constantes debido al movimiento continuo de las aguas. De todas ellas, la sal común (cloruro sódico) es el más abundante.

Aunque la salinidad media oscila entre 33 y 36 por mil, en el litoral y en la superficie es muy variable debido a la influencia de factores meteorológicos y topográficos junto con los aportes fluviales o los afloramientos.

En el frente costero de Galicia, por ejemplo, se registran medidas entre 35,4 y 35,6 por mil. Sin embargo, frente a las rías, se encuentran mantos de agua con menor salinidad y dentro de las rías la salinidad aumenta con la profundidad. A nivel general las Rías Baixas presentan unos valores un poco más elevados que las Rías Altas.

Según el *Atlas de España*, Sección III, Grupo 13, que recoge la síntesis de una serie de datos de 40 años (entre 1950 y 1990) analizados por el Instituto Español de Oceanografía, se pueden realizar las siguientes anotaciones con valores en tantos por mil:

a) En primavera

- En la costa atlántica peninsular, en primavera, aparecen valores de entre 34,75‰ y 35,00‰ entre los cabos Higuier y Lekeitio; entre éste último y el cabo de Ajo, además del tramo de las Rías Baixas gallegas entre el Cabo Fisterra y el estuario del río Miño, aparecen valores de entre el 35,00‰ y el 35,25‰; el resto de la costa, es decir, el tramo entre el Cabo de Ajo y el Cabo Fisterra, aporta valores entre el 35,25‰ y el 35,50‰.
- En la costa atlántica andaluza aparecen valores de entre el 35,75 y el 36, salvo en la zona del Estrecho que contiene valores entre el 36 y el 36,25.

b) En verano:

- En la costa atlántica peninsular, 34,75 a 35,00 desde cabo Higuier a Zumaia; 35,00-

35,25 de Zumaia a Santander; 35,25-35,50 de Santander a Ferrol; 35,50-35,75 entre Ferrol y la desembocadura del río Miño.

- En la costa atlántica andaluza, 36,00‰ y 36,25‰ salvo la zona del Estrecho y hasta Málaga, que contiene valores entre el 36,25‰ y el 36,50‰.

c) En otoño:

- En la costa peninsular atlántica, entre 34,75‰ y 35,00‰, entre Cabo Higuier y Cabo Machichaco; entre 35,00‰ y 35,25‰ entre Cabo Machichaco y Cabo de Peñas; de Cabo de Peñas hasta la desembocadura del río Miño, los valores oscilan entre el 35,25‰ y el 35,50‰.
- La costa andaluza del Atlántico se incluye en el intervalo 36,25‰ y 36,50‰, valores que se alcanzan en el primer tramo del Mediterráneo hasta el punto intermedio entre Estepona y Marbella.

d) En invierno:

- En la costa peninsular atlántica, debido al notable aumento de las precipitaciones, hay fuertes variaciones entre Cabo Higuier y el Cabo de Ajo; se pasa de valores inferiores al 33‰ a valores del 35‰; el rango 34,75‰ a 35‰ se mantiene desde el Cabo de Ajo hasta la desembocadura del río Miño.
- En la costa andaluza del Atlántico, el intervalo 35,75-36,00‰ ocupa toda la costa excepto el Estrecho, que pertenece al rango inmediatamente superior, 36,00-36,25‰.

Existen otros factores a tener en cuenta que simplemente vamos a citar, pero no se puede olvidar que también existen variaciones en las temperaturas de las aguas o en su densidad que influyen en la distribución de las especies en el litoral.

2.3.1.4. Los cambios en el nivel del mar

Como es de suponer, los cambios relativos en el nivel del mar a lo largo de las diferentes pulsaciones cuaternarias y anteriores, influyen en la evolución de la morfología de los acantilados y en su biota. Por otro lado, es factor que explica la existencia de niveles acantilados inactivos en la actualidad por su

localización completamente emergida o sumergida. Es decir, genera, como es evidente, paleoniveles marinos de acción del oleaje en antiguos intermareales. Finalmente, es un factor de gran importancia para el tipo de hábitat que nos ocupa, pues puede condicionar la velocidad de retroceso de los acantilados y crisis de movimientos en las vertientes costeras, dando lugar a dinámicas peligrosas para las poblaciones costeras.

Flor, 2005, da testimonio de la frecuencia e intensidad de los cambios en los niveles marinos mostrando su importancia en cuevas rocosas (geoforma interna de los acantilados que suele contener un gran número huellas de antiguas dinámicas oceánicas y que nos ayudan a valorar qué es lo que pasará con los acantilados en el futuro). Dice este autor:

“La cueva de Sa Bassa Blanca (Alcudia, Mallorca) contiene un registro del último episodio interglaciar con un abanico de niveles comprendido entre el nivel freático actual, equivalente al nivel del mar, y +35 m y hasta la cota batimétrica de -15 m. Los análisis estratigráficos se realizaron a partir de testigos continuos de toda una serie de sondeos horizontales. Se han separado tres grupos de espelotemas, que contienen hasta 19 grupos de eventos, separados por sendas discontinuidades (contactos muy netos o intercalaciones de arcillas rojas) de los cuales el más antiguo indica un descenso del nivel del mar.

Los eventos iniciales se podrían correlacionar con el Siciliense I terminal, con una edad absoluta inferior a los 700.000 años, que está representado en el Mediterráneo por depósitos marinos a alturas de +80 m/+90 m. También se identifica el Siciliense II (Milaciense), previo a la glaciación Mindel, que se correlaciona con depósitos conteniendo faunas cálidas a alturas de +50 m/+60 m. El Paleotirreniense (comprendido en el interglaciar Mindel-Riss, hace unos 300.000 años) contiene un evento intermedio de carácter regresivo; equivale a depósitos de playa elevados a una altura de +15 m/+35 m. Los eventos superiores son de edad Eutirreniense (datación isotópica de 115.000-200.000 años), perfectamente correlacionables con los depósitos situados en cotas comprendidas entre +1,6 m/+11,5 m. Finalmente, el último grupo de eventos está en consonancia con un clima tropical del que se conservan playas con

fanas de moluscos característicos de tales condiciones”.

Por último, trataremos sobre los cambios en el futuro que, con el presente panorama, irían encaminados, por lo que se conoce hasta el momento, a un aumento paulatino pero continuo del nivel del mar, lo que influiría en el modelado y evolución del tipo de hábitat que nos ocupa.

Las previsiones acerca del nivel del mar en el futuro se basan en 7 modelos climáticos y 35 escenarios de emisiones de CO₂ (Flor, 2005). Para estos escenarios se parte de diferentes situaciones sociológicas a escala mundial, que se centran en las emisiones de ese gas y su relación con el cambio climático. El modelo se obtiene incluyendo el derretimiento del Permafrost, la sedimentación y las contribuciones propias por parte de los casquetes glaciares como resultado del calentamiento climático desde el último máximo glacial; así se obtiene un rango de elevación del nivel del mar desde +0,11 m a 0,77 m, aunque con diferentes incertidumbres (*op. cit.*). Para los 35 escenarios se estima un aumento del nivel del mar desde +0,09 m a +0,88 m entre 1990 y 2100, con un valor central de +0,48 m. Este último supone una tasa media de 2,2 a 4,4 veces superior al de todo el siglo XX. Los cambios estimados desde 1990 hasta 2100, en cuanto al proceso desencadenante, se reparten de la siguiente manera:

1. Expansión térmica de +0,11 m a +0,43 m, acelerando a lo largo del siglo XXI.
2. Contribución de los glaciares de +0,01 m a +0,23 m.
3. Contribución de Groenlandia, de -0,02 m a +0,09 m.
4. Contribución de la Antártica, de -0,17 m a +0,02 m.

(Datos según www.grida.no/climate/ipcc_tar/wg1/430.htm en Flor, 2005.)

Aunque no es posible estar completamente de acuerdo en la fundamentalización de los estudios sobre el ascenso del mar en la concentración de CO₂ inducido por las emisiones humanas, este panorama parece llevarnos a un escenario de aceleración de la erosión en las costas en general y rocosas en particular. Así, los ritmos de creación y desmantelamiento de cuevas y del retroceso de los acantilados se verán claramente acelerados, ante lo cual las comunidades ani-

males y vegetales se tendrán que ir acomodando mediante migraciones de corto trayecto.

2.3.2. Factores terrestres que condicionan el modelado de los acantilados y tipos existentes

Los tipos de roca, las estructuras geológicas y la evolución general del relieve son otro factor de variación importante en la costa atlántica española, como se verá más adelante.

La costa del País Vasco y Cantabria está caracterizada por sus materiales mesozoicos y cenozoicos, principalmente calizas, dolomías margas y conglomerados. Materiales similares, aunque más antiguos, afloran en el este de Asturias, y sólo empiezan a aflorar pizarras, cuarcitas y areniscas a partir de Cabo Peñas, hasta prácticamente la Ría de Viveiro. La variedad litológica, junto con el control estructural, es uno de los factores dominantes en casi toda la costa cantábrica. A ello se suma que ha experimentado movimientos corticales a lo largo de buena parte de su historia geológica, aparentemente más intensos hacia el este. La diversidad litológica se traduce en la existencia de perfiles muy variados, y, sobre todo, en un escalonamiento topográfico causado por el levantamiento de antiguas superficies erosivas marinas, las denominadas “rasas”¹.

Desde el punto de vista litológico, la principal característica diferenciadora de la costa atlántica gallega es la gran extensión de afloramientos graníticos en la costa, materiales que no aparecen en el resto de las costas atlánticas y muy escasamente en las mediterráneas. Los materiales graníticos tienen su mayor extensión en la costa atlántica, desde el norte del Golfo Artabro hasta la desembocadura del Miño, estando mucho menos representados en la costa cantábrica, con pequeños afloramientos en los sectores de Bares y San Cibrao. En el extremo noroccidental, entre las rías de Cedeira y de Ortigueira, se disponen los materiales del complejo de Cabo Ortegal, compuestos de rocas básicas, eclogitas y serpentinitas.

El ejemplo de los materiales básicos y ultrabásicos existentes en los sectores acantilados de la sierra de A Capelada, indica la importancia que puede tener la litología en el desarrollo del tipo de hábitat y de las comunidades de seres vivos existentes en ambientes costeros. Este tipo de litologías desarrolla toxicidades para las plantas y los animales. En consecuencia, las comunidades vivas presentan dos características principales: una especialización, con la consecuente aparición de endemismos y taxones sustitutivos que configuran nuevas subasociaciones vegetales y una desaparición de tipos vegetales, quedando reducida su diversidad.

La vegetación de los acantilados de A Capelada puede ser incluida en dos asociaciones vegetales diferentes: la *Crithmo-Armerieton pubigerae*, de la que participan la pared rocosa inferior, los roquedos basales de restos de plataformas y las playas de cantos; en la vertiente hectométrica se reproduce esta asociación en los afloramientos rocosos, pero en las vertientes tapizadas por depósitos, la colonización vegetal corresponde a la asociación de brezal *Ulici Gallii-Ericetum mackaianae*. Es en ésta donde mayor importancia tiene el factor litológico, pues la influencia de las rocas básicas y del mar define la subasociación *ericetosum vagantis*, de peculiar fisonomía y reconocible por la densidad y abundancia de *Erica mackaiana* y *Erica vagans* (Fraga Vila, en Macías Vázquez, 1983). Un ejemplo más de la importancia de la combinación entre la influencia marina y la litología la aporta la aparición en estos acantilados de edafismos ultrabásicos como *Centaurea borjae*, *Rumex biformes*, y *Sesamoides latifolius*, siendo estos dos últimos, edafismos halófilo-anfibolíticos.

En lo que respecta a la fauna, no sólo la toxicidad en los vegetales condiciona el tipo de hábitat. El estado evolutivo de la roca también se erige en un elemento determinante. Así, la existencia de rocas fuertemente alteradas y fragmentadas dificulta el asentamiento de colonias de aves marinas, que tienen que utilizar los islotes próximos para nidificar (Rodríguez Silvar en Macías Vázquez (dir), 1983). Este factor condicionante para el tipo de hábitat se

¹ Aunque el término *rasa* se ha utilizado y se utiliza profusamente en la literatura científica, es recomendable ser precavido al catalogar formas litorales. El término se ha utilizado para definir superficies de erosión litoral, denominadas demasiado a menudo como superficies de abrasión, levantadas respecto al nivel del mar actual generalmente por procesos tectónicos o isostáticos. Sin embargo, la mera existencia de superficies de escasa pendiente adyacente a acantilados actuales o próximos a la línea de costa no es criterio para identificarlas como antiguas superficies litorales. En ausencia de evidencias morfológicas (paleoacantilados, balmas o depósitos claramente marinos) la topografía de escasa pendiente no puede ser definitiva.

ha comprobado en diversos estudios ornitológicos a lo largo de la costa gallega (Rodríguez Silvar en Macías Vázquez (dir), 1983). En este caso afecta especialmente a las tres especies nidificantes: *Larus argentatus* (Gaviota argétea), *Phalacrocorax aristotelis* (Cormorán) y *Uria aalge ibericus* (Arao común).

Un segundo factor de enorme importancia en todos los procesos costeros en Galicia y, por supuesto, también en las costas rocosas, es el carácter sumamente recortado que presenta la costa en planta. Ello implica una gran diversidad en el grado de exposición al oleaje, incluso entre puntos situados a muy poca distancia entre sí. En el caso de las Rías Bajas o de amplios senos como el Golfo Artabro (formado por las rías de A Coruña, Betanzos y Ares), al factor de orientación se une la existencia de *fetch* sumamente cortos, lo que impide el desarrollo de mar de viento en su interior.

En la costa atlántica andaluza, las rocas aflorantes son materiales calcáreos, areniscas y margas, aunque entre la desembocadura del Guadiana y Gibraltar los tramos de costa acantilada representan un porcentaje escaso del total litoral andaluz, en el que predomina una costa baja con un gran desarrollo de complejos sedimentarios.

La diversidad litológica y energética comentada, provoca una gran variedad de tipos de acantilados, tanto desde el punto de vista de su forma como de su dinámica. En función del tipo de roca, estructura, pendiente, altura o grado de alteración, es posible diferenciarlos.

El papel de la forma

La forma del acantilado, es decir la configuración del plano frente al mar, así como la pendiente que ofrece y la orientación frente al oleaje, marcan no sólo sus características sino, de manera primordial, el control que ejercen sobre los seres vivos.

2.4. SUBTIPOS DE ACANTILADOS

El análisis de los acantilados que se encadenan en la costa atlántica española demuestra su variabilidad en función de la altura, perfil, grado de dinamismo y formas asociadas. Las clasificaciones de acantilados son variadas y se pueden realizar basándose en

numerosos conceptos o variables. La litología, el sentido e intensidad de su inclinación, su altura o potencia, el grado de meteorización y su inestabilidad o dinamismo, o su génesis, son algunas de esas variables. A continuación se proponen algunas de esas clasificaciones para determinar los posibles subtipos de acantilados, su geomorfología y los condicionantes que imponen a las comunidades vivas que los habitan:

2.4.1. Subtipos de hábitat en función de la pendiente o inclinación de los acantilados

I. Acantilados verticales

Se trata de acantilados que presentan un perfil prácticamente vertical. Entre la base y la parte superior se alarga un único segmento de pared en el que sobresalen pequeñas repisas. Su fisonomía aparece marcada por la estructura, bien por los planos de estratificación verticales, bien por la existencia de líneas de fractura que, de manera nítida, señalan el límite entre el mar y la tierra. Ejemplos de este tipo de acantilados son los de Picón (Ortigueira, A Coruña o Cabo Busto, en Asturias) y Augasantas (Ribadeo, Lugo).

En Augasantas se puede ver cómo la fracturación marca el diseño de la línea de costa y cómo la estratificación horizontal favorece el retroceso de los acantilados y la génesis de plataformas estructurales tabulares. Este hecho, asociado a la presencia de arena que actúa como abrasivo, hace que las características del tipo de hábitat no sean homogéneas.

Litológicamente dominan las pizarras con buzamientos prácticamente horizontales. La red de fracturas es densa dominando direcciones de 100°, 130°, 140°, 180°, 220°, 280°, 320° N, entre otras asociadas.

Morfológicamente se encadenan acantilados rectilíneos con otros en los que se abren cuevas, corredores, arcos y columnas aisladas (*stacks*). Al aumentar la escala, aparecen nuevos detalles significativos. Por un lado, aparecen acantilados que, de arriba abajo, ofrecen un perfil vertical nítido; por otro, acantilados que, en su parte superior, se hallan socavados, con formas semicirculares, escalonadas, claramente influenciadas por el buzamiento de los estratos. En

otras ocasiones el acantilado se halla horadado por una *furna abierta* (corredores), que bien puede ser muy rectilínea, bien terminar en un espacio circular y puede contener o no una playa de bloques en su fondo. En muchos lugares los acantilados se hallan horadados por *furnas cerradas* (cuevas) cuya profundidad es muy variable, desde dos o tres metros, hasta más de veinte. En este caso también conviene reseñar que las cuevas pueden terminar incrustadas en la roca o, como sucede con frecuencia, en un espacio circular abierto, un *bufadero* que se ha colapsado. En este caso aparece tapizando su fondo una playa de bloques. Otros elementos característicos son la existencia de arcos, columnas, corredores alargados y estrechos, flanqueados por paredes verticales que, ocasionalmente, presentan buzamientos de 35° N. Son espectaculares los arcos de la playa de Augasantas.

En el sector de Picón, Ortigueira, A Coruña, por el contrario, la estratificación es prácticamente vertical, lo que condiciona el diseño y la evolución del acantilado. Su retroceso es lineal, aunque diferenciado, dado que suele iniciar en la parte inferior y continuar por la superior. No se trata tampoco de un acantilado uniforme. La estratificación manda en el retroceso pero el grado de fracturación y, lo que es más importante, la dirección de los estratos respecto al ataque marino, dan lugar a importantes variaciones. En unos lugares el acantilado coincide con la cara superior del estrato pero, en otros, en ocasiones al lado, domina el frente del estrato. En el primer caso, el tipo de hábitat es muy diferente del segundo. En éste, cuando el frente es mucho más irregular, las posibilidades de asentamiento de plantas o animales son mayores.

En la fotografía 3, en Picón, Ortigueira, A Coruña, se observa con claridad el retroceso, el acantilado a favor de los planos de estratificación. Ello provoca una mayor insolación. La existencia de arena en la base del acantilado provoca procesos de abrasión que impiden la colonización animal o vegetal. El frente de estratificación da lugar a un perfil más sinuoso y, consecuentemente, con un mayor número de áreas con sombra. En cualquier caso se puede ver también cómo cualquier cambio en la litología, estructura, altura o grado de alteración genera modificaciones importantes en el tipo de hábitat.

En Cabo Busto, en Asturias, con una estructura tectónica similar, en la base del acantilado aparece una plataforma litoral fruto del retroceso del acantilado.

Un ejemplo singular de acantilados verticales son los que se han desarrollado sobre el *fysch* del área de Deba y Zumaia, en Guipúzcoa. En su base se alarga una plataforma litoral, generada por el retroceso del cantil.

II. Acantilados inclinados

En aquellos lugares en los que la dinámica tectónica da lugar a estratos inclinados, cuya pendiente es muy variable, el diseño del acantilado es totalmente diferente. El dorso del estrato se convierte en un lugar en el que las olas, al romper, se desparraman hacia la parte superior aportando salinidad y provocando un escalonamiento diferenciado en la cubierta biológica.

La inclinación de los estratos no sólo genera un acantilado con un perfil inclinado, como ocurre en Ribadeo, sino que el contacto con el mar es diferente. Ya no existe una plataforma litoral o una playa, o ambas, como suele suceder en los acantilados verticales. Ahora aparece una rampa más o menos compacta, según los lugares en los que se abren corredores que se convierten en microsistemas biológicos de gran importancia.

III. Acantilados extraplomados

En algunos lugares de las costas modeladas sobre esquistos o pizarras, el buzamiento de los estratos es diferente. Su inclinación hacia el mar da lugar a acantilados extraplomados cuya evolución viene marcada por desprendimiento, una vez que su base es erosionada.

Se trata de acantilados que presentan una fisonomía diferente pero también una dinámica distinta respecto a los anteriores. En la fotografía 8, tomada en Valdoviño (A Coruña), se observa cómo el acantilado retrocede quedando frente a él numerosos salientes rocosos aislados contra los que rompen, en parte, las olas.

IV. Acantilados convexos

Son acantilados que dibujan un perfil convexo, generalmente compuesto por segmentos bien diferenciados. Se trata de formas asociadas a las rocas graníticas, como las que se encuentran en Cabo Udra (Pontevedra) (ver fotografía 9).

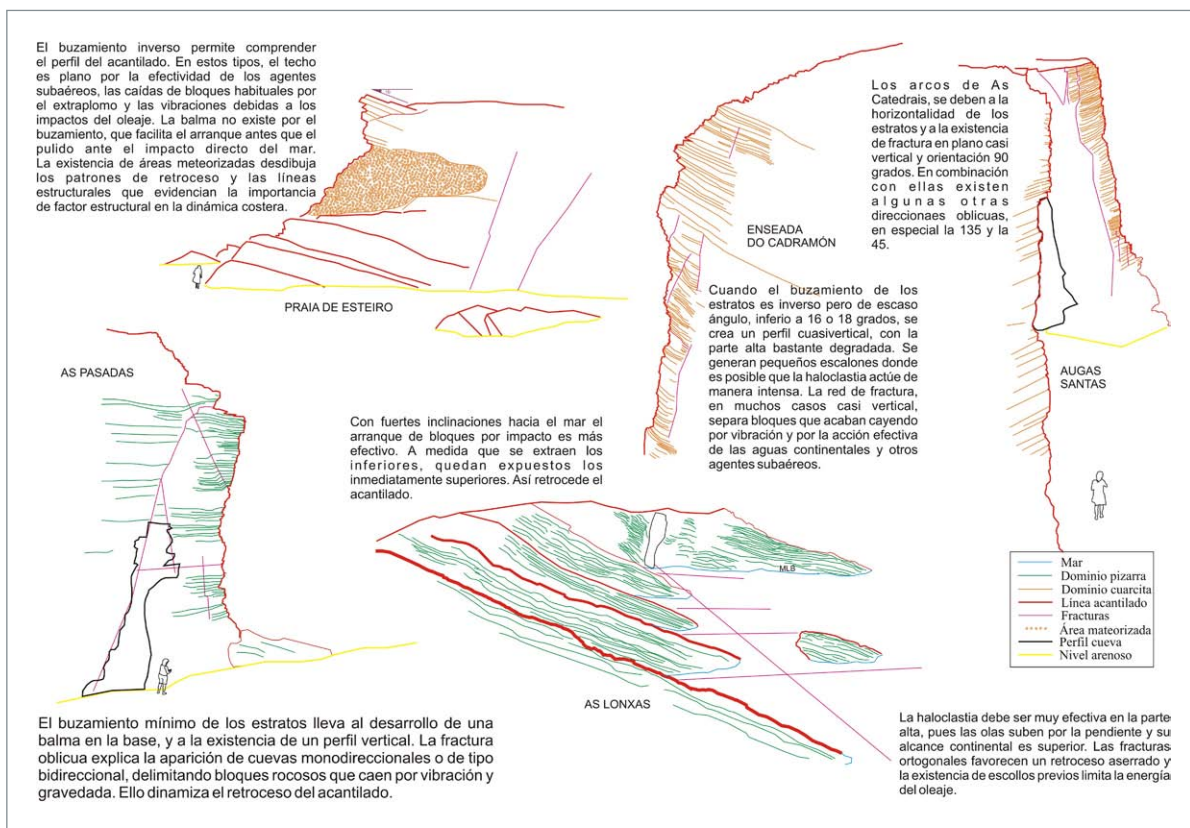


Figura 2.3

Muestra de varios casos de acantilados costeros con diferentes buzamientos de los estratos.

Realizados en trabajo de campo para la costa de Ribadeo y proceden de casos reales.

Figura extraída del trabajo: López Bedoya & Pérez Alberti, 2007, *Itinerarios geomorfológicos por Galicia. La costa de Ribadeo*.

Plancha fuera de texto. Libro de excursiones de la IX Reunión Nacional de Geomorfología (GIXA – USC).

2.4.2. El papel de la litología en la configuración de subtipos de acantilados

La forma está condicionada en gran manera por el tipo de roca. Las estratificadas propician la aparición de diferentes tipos de acantilados, como se acaba de exponer. Las graníticas generan otros diametralmente distintos. La roca condiciona, sin duda, la forma pero también los procesos de alteración y, consecuentemente, su dinámica y la presencia de plantas y animales.

I. Acantilados modelados sobre rocas graníticas

Las rocas graníticas no tienen una composición uniforme ni responden de igual forma ante los procesos de alteración. Los granitos de dos micas de

grano fino intensamente fracturados pueden dar lugar a formas muy diferentes de las granodioritas. Los granitos de grano grueso se comportan de forma distinta unos y otros. Por ello no se puede hablar de una relación exacta entre los granitos y los acantilados.

En aquellos lugares en los que las rocas graníticas están asociadas a una intensa red de fracturación, suelen ser abundantes los acantilados rectilíneos siempre que hacia el interior se alarguen superficies de aplanamiento. En este caso se desarrollan acantilados de remate plano o suavemente inclinado, como los que se pueden ver en el área de San Xurxo, en Ferrol o en San Cibrao (Lugo). Por el contrario, cuando el relieve es más abrupto, las pendientes más fuertes y el grado de alteración mayor, aparecen acantilados subverticales con numerosas marcas de desprendimientos y deslizamientos. Por último, los

acantilados modelados sobre granodioritas suelen dar formas redondeadas cubiertas de bolos.

En la fotografía 10 aparece reflejado el tramo de costa que se alarga entre San Xurxo y Doniños (Ferrol, A Coruña). Se trata de granitos de dos micas cortados por fracturas NNW-SSE y NNE-SSW. Este hecho, y el tratarse de la fachada marítima de una amplia superficie de aplanamiento, motiva la presencia de acantilados verticales, de un segmento, perfectamente delimitado. Las líneas de fractura favorecen el avance de la incisión marina, lo que provoca la génesis de corredores que, en ocasiones, coinciden con la desembocadura de pequeños arroyos. Semejantes son los acantilados de Punta Roncadoira, en las cercanías de Alúmina Alumnio (San Cibrao, Lugo) que aparecen en la fotografía 11.

El cambio en la altura del acantilado y el aumento de la cuenca de recepción de agua, motivan una mayor concentración de humedad en la parte alta de la fachada marítima, Ello explica la presencia de numerosos desprendimientos vinculados a sobrecargas hidrostáticas (Blanco Chao & Pérez Alberti, 1996), así como la existencia de acumulaciones de bloques en la base.

En el sector de los Montes da Lagoa (ver fotografía 12), entre los municipios de Ferrol y Valdoviño, el acantilado presenta unas vertientes elevadas, con fuertes pendientes y recubiertas de derrubios. A ello hay que sumar que el substrato rocoso se encuentra muy fracturado y pocas veces aflora la roca fresca, características que ya suponen de por sí una tendencia a la inestabilidad. Al estar fuera del alcance del ataque del oleaje, los agentes principales que actúan en la vertiente superior son los mismos que en cualquier ladera del interior. Dada la presencia del recubrimiento de derrubios, el aumento de humedad, en especial cuando se produce bruscamente por causa de episodios lluviosos muy intensos, desencadena procesos de deslizamientos a favor del contacto con el substrato rocoso, si bien, a menudo, también se producen desprendimientos superficiales de menor entidad. En las partes más altas, donde afloran escarpes rocosos, se generan derrumbes de gravedad, principalmente por la densidad de la red de fracturación, pero también potenciados por la aparición de lluvias intensas.

Los acantilados de los Montes da Lagoa se encuentran expuestos a mar abierto, sometidos a un am-

biente de alta energía. La acción de las olas, que pueden alcanzar alturas notables, efectúa básicamente dos trabajos: una agresión mecánica y una movilización de los materiales. La acción mecánica se traduce en una disgregación por causa de la presión isostática y la presión dinámica generada por aire atrapado entre el agua y la roca. La alternancia de presión y descompresión actuando sobre las diaclasas da lugar al arranque de bloques y a una socavación del escarpe basal lo que, a su vez, induce la inestabilidad de la vertiente situada sobre él. De este modo, tanto los procesos desarrollados sobre la vertiente como los generados en el escarpe basal, aportan una gran cantidad de materiales a la base del acantilado que, al acumularse sobre la plataforma y el escarpe marino basal, efectúan una labor de protección de ambos, puesto que la ola disipa su energía sobre ellos y no sobre la roca. Se hace necesario, pues, que el oleaje evacue primeramente estos derrubios antes de reanudar el ataque al escarpe basal y a la plataforma. En ese momento, serán los procesos que afectan a la vertiente superior los dominantes en el retroceso del acantilado.

La velocidad de evacuación de los materiales dependerá básicamente de la energía del oleaje. En circunstancias de nivel del mar estable, la energía no se modifica, pero en caso de producirse un movimiento de ascenso del nivel del mar, la energía aumentará y con ella la velocidad de evacuación de los materiales de la base. Por el contrario, si la energía se ve reducida por un descenso del nivel del mar, aún disminuirá más la importancia de los procesos marinos a favor de los continentes, pudiendo llegar los primeros a ser nulos. Hay que tener en cuenta que el ascenso o descenso del nivel del mar es un concepto establecido en relación al continente, por lo que la formación de una playa al pie de un acantilado tiene, a efectos energéticos, las mismas consecuencias que una pequeña regresión marina.

En otros lugares de la costa atlántica en donde la alteración de la roca es muy intensa y los desprendimientos abundantes, caso de las cercanías del Cabo de Bares (A Coruña), los acantilados dibujan un perfil ondulado, con entrantes circulares y cambios muy importantes en la cubierta vegetal. Como en el caso de los Montes da Lagoa, en Bares, la presencia de materiales de alteración y de numerosas fracturas provoca la penetración del agua y la saturación del suelo. En momentos de alta intensidad de la precipitación o de lluvias continuadas

durante varios días, se provoca la saturación de los materiales, su aumento de peso y el desprendimiento de la ladera.

Formas y dinámicas diferentes se encuentran sobre las granodioritas, en donde los procesos de edafogénesis han dado lugar a la existencia de una alteración diferencial en la roca. En las paredes de los acantilados se pueden ver grandes bolos rodeados de capa de alteritas (de *sábrego* o *xiabre*, en gallego). La acción de las olas provoca el progresivo lavado de las alteritas, lo que da lugar a la caída de los bolos o la exhumación *in situ* de las formas gravadas en el interior de la roca. Este hecho provoca, por un lado, la aparición de formas convexas, redondeadas y, por otra, la de acumulaciones al pie de los acantilados, derivados de los procesos de alteración /exhumación.

En la fotografía 13 se muestra cómo, en un lugar de baja energía, se pueden observar los bolos rodeados de alteritas en la parte central del acantilado y algunos caídos.

Cuando la erosión ha sido intensa, la capa de alteración ha desaparecido dominando en el paisaje acantilados compuestos por grandes bolos.

Las costas graníticas pueden presentar formas muy diferentes en áreas muy cercanas: así, en aquellos lugares en los que se encadenan rocas con diferentes grados de fracturación o, incluso, en aquellos otros en los que aparecen marcadas las formas dómicas magmáticas.

En el litoral se encadenan formas cóncavas y convexas con procesos y ocupación biológica totalmente diferente. Los sectores convexas se asemejan a pequeños domos; suelen ser más macizos y su grado de fracturación es menor. Por el contrario, los cóncavos suelen estar más fracturados y, consecuentemente, con un grado mayor de alteración y cubierta biológica.

II. Acantilados modelados sobre rocas metamórficas

Muy diferentes a los graníticos son los acantilados sobre rocas metamórficas. En este caso su composición mineralógica, la mayor o menor abundancia de cuarzo, su grado de estratificación, esquistosidad y alteración, generan tipos muy diferentes.

Los acantilados sobre pizarras y esquistos están, como ya se ha dicho, muy condicionados, tanto por el buzamiento de los estratos como por su orientación frente al ataque de las olas.

Como se ha mostrado anteriormente, este hecho provoca la presencia de acantilados verticales, inclinados o extraplomados. La costa presenta un perfil con numerosos entrantes y salientes intensamente marcados por la estratificación, como se puede ver en el sector de Valdoviño (A Coruña).

Cuando la alteración es intensa, el modelado costero cambia. Suelen dominar los desprendimientos o deslizamientos rotacionales, en función del grado de alteración, y frente al acantilado suelen dominar amplias plataformas rocosas. Es el caso de algunos tramos acantilados de las rías de Ares, Muros o Vigo.

Las plataformas litorales, asociadas a acantilados en donde la alteración de la roca es intensa, son más abundantes en el interior de las rías gallegas, en áreas de baja energía. Por el contrario, en las de alta energía, en los acantilados modelados sobre rocas metamórficas, se observa una dinámica marcada por los desprendimientos, deslizamientos rotacionales o, como se verá más adelante, por la existencia de una amplia cobertera sedimentaria.

Los acantilados metamórficos, pues, se caracterizan por una gran variabilidad espacial encadenándose entrantes, salientes, corredores perpendiculares a la costa, en algunos lugares con desprendimientos, fruto de la actividad de oleaje cuya energía es mayor en áreas confinadas en donde se concentra el flujo de agua. La Costa de Dexo (ver fotografía 19), en la península de Oleiros, A Coruña, puede ser un buen ejemplo.

III. Acantilados modelados sobre sedimentos recientes

Una característica definitoria de la costa atlántica del noroeste de la Península Ibérica es la existencia de gran cantidad de depósitos antiguos cubriendo muchos tramos del litoral (Costa Casais, 1995; Costa Casais *et al.*, 1996). Los depósitos están compuestos por secuencias deposicionales variadas, lo que trae consigo la presencia de una composición granulométrica heterogénea, y han sufrido a lo largo del tiempo una evolución morfosedimentaria bien definida. Por otra parte, son el reflejo de los cambios que experi-

mentó la costa a lo largo del tiempo, producto de, por un lado, el juego de regresiones y transgresiones marinas en relación a la variabilidad climática y, por otro, de las condiciones locales de deposición. A nivel individual, las características que los definen están en función de: a) su localización, b) área fuente, c) asociación de facies sedimentarias y d) forma.

Los depósitos costeros, en la actualidad, están sometidos a procesos de erosión intensos, lo que dificulta valorar su extensión en el momento postdeposicional.

Por lo general, alcanzan mayor potencia las facies de origen continental y en la actualidad actúan como acantilados activos, afectados por procesos erosivos, principalmente marinos y, en menor medida, subaéreos. Su desmantelamiento deja en resalte formas litorales heredadas del pasado (Blanco Chao & Pérez Alberti, 1996; Pérez Alberti *et al.*, 1997).

La evolución general de los depósitos se enmarca en el período que se extiende desde el Eemiense (130.000 años) hasta el Holoceno. Dataciones radiocarbónicas en depósitos localizados al sur de Galicia, en San Xián y Oia (Cano, *et al.*, 1997) y en Caamaño (Costa Casais, 1995) permiten establecer dos momentos de formación de suelo en el Pleniglacial Medio. Uno en torno a los 40.000-30.000 BP (San Xián IV: 38.830 ± 2.200 BP, Oia Sur: 32.980 ± 530 BP; Caamaño $36.050 + 1.430 - 1.210$ BP y $32.340 + 2.400 - 1.800$ BP) y otro en torno al 30.000-20.000 BP (San Xian I en $28.000x \pm 230$ BP; Caamaño: $30.120 + 670 - 620$ BP y 20.160 ± 270 BP).

Los acantilados modelados sobre sedimentos recientes (ver fotografías 19 y 20) presentan un comportamiento totalmente distinto de los que se han desarrollado a partir de granitos o de rocas metamórficas. En general son mucho más activos, ofrecen un mayor grado de movilidad, dominando en ello tanto el lavado como, de manera especial, los desprendimientos o los deslizamientos. Llama la atención que en las cicatrices abiertas y sobre los materiales acumulados es muy frecuente el *Equisetum* sp. (ver fotografía 22).

2.4.3. En función de su génesis

La clasificación genética más general establece tres tipos principales combinando factores morfológicos y genéticos (Trenhaile, 1987):

- a) En función del perfil, como consecuencia del papel relativo de los procesos marinos y subaéreos y de las diferencias litológicas (Emery & Khun, 1982).
- b) Acantilados compuestos (*composite cliffs, slope over wall, hog's back, bevelled cliffs, multi-storied cliffs*), en función de las oscilaciones pleistocenas del nivel del mar y de los cambios climáticos.
- c) Falsos acantilados (*plunging cliffs*), generados a partir de accidentes tectónicos, y en cuya morfología los procesos marinos y subaéreos juegan un papel secundario.

I. Acantilados simples

Anotamos este nombre en contraposición a la del siguiente subtipo. Ante la hipotética falta de huellas notables de diferentes episodios paleoclimáticos en su perfil, su composición más habitual es la de una pared de pendiente variable que actúa como un elemento continuo y en la que se combina la acción marina y la subaérea. Se denominan en muchos casos también *acantilados verticales*, ante la falta del rebaje de pendiente propio de los acantilados compuestos. Su remate suele ser plano.

II. Acantilados compuestos

Un tipo peculiar de acantilado es el que, en su frente, se mezcla la roca del substrato con la formación sedimentaria. Se trata de formas que reflejan el cambio en las condiciones dinámicas de la costa, al tiempo que un cambio en los procesos dominantes. Por lo general, se trata de antiguos acantilados que han quedado fosilizados en momentos fríos y que en la actualidad están en una fase de exhumación. Por ello, se puede ver la roca en la parte inferior y los sedimentos en la superior. Son relativamente abundantes a lo largo de la costa gallega, tanto en la cantábrica como en la atlántica. Se observan, principalmente, en aquellos lugares en los que la energía del oleaje ha sido capaz de desmantelar en buena parte la capa sedimentaria. Es el caso de los acantilados de Arealonga en Lugo, Valdoviño en A Coruña o a lo largo de la Costa da Morte (A Coruña).

III. Falsos acantilados

Esta denominación, anotada por Bird (1984) y Trenhaile (1987), hace referencia directa a su géne-

sis, fundamentada en el factor tectónico antes que en los procesos subaéreos que puedan estar modelándolo en la actualidad.

2.4.4. El papel de la altura en combinación con las geoformas acompañantes

Forma, litología y asociación roca/sedimento, convierten a los acantilados en hábitat enormemente variables desde el punto de vista geomorfológico y, consecuentemente, biológico. Sin embargo el grado de cobertura vegetal, e incluso la distribución en altura de las plantas y animales, está en relación al tamaño de los acantilados.

Es difícil llevar a cabo una clasificación de los acantilados por la altura. Guilcher (1966) diferenciaba entre megaacantilados (los que tienen o superan los 450-500 m de altura), muy altos (los que sobrepasan los 250 m), mientras que el desarrollo altimétrico de los altos rondaría entre 100 y 250 m. La altura de los bajos no se precisa, aunque suele ser inferior a los 50-70 m.

La variedad de la altura en los acantilados de las costas atlánticas es grande. Son escasos los megaacantilados, aunque existen, caso de los de Serra da Capelada (A Coruña) donde alcanzan los 612 m. Es evidente que en este caso se trata de laderas levantadas al lado del mar, cuyo segmento inferior se haya fuertemente condicionado por la dinámica marina, mientras que a los tramos medios y altos únicamente el aporte del *spray marino* les afecta. Por el contrario, en las costas atlánticas son muy abundantes los acantilados bajos, que no alcanzan los 100 m de altura, en los que el oleaje está incidiendo en mayor medida.

I. Megaacantilados

Si se sigue la clasificación de Guilcher, citada anteriormente, existen pocos lugares en los que se desarrollen megaacantilados. Yanes Luque, 2004, habla también de la dificultad de distinguir con claridad entre los acantilados muy altos y los megaacantilados, cuya separación colocaría en los 500 metros. Esto reduce claramente la posibilidad de encontrar acantilados de este tipo. Canarias es un punto clave, puesto que aparecen en todas las islas; igualmente los países nórdicos, en especial Noruega, presentan

interesantes potencias acantiladas al borde del mar que superan los 600 metros con creces y se acercan incluso al kilómetro. Pero, fuera de esos ámbitos, su aparición es prácticamente testimonial. Quizá el sector más importante de aparición de esta geoforma, fuera de los sectores anotados anteriormente, sea el de los acantilados de A Capelada, provincia de A Coruña, en donde existen algunos acantilados que superan los 500 m, e incluso un pequeño sector que asciende por encima de los 600 m (el de Garita de Herbeira, compartido por los municipios de Cariño y Cedeira).

II. Acantilados altos con arenales en la base

Este tipo de frentes costeros es relativamente poco abundante, y suelen aparecer en costas tectónicas en las que se suceden complejos sedimentarios costeros de cierto rango y tramos contiguos en los que la tectónica elevó las paredes rocosas hasta alturas superiores a los 100 metros. El material arenoso procede de la acción de la deriva, que traslada desde espacios costeros próximos el sedimento hasta las trampas bajo los acantilados. Estas trampas pueden ser corredores estrechos, calas y pequeñas ensenadas y plataformas rocosas; en general, todo aquel obstáculo que corte el paso libre de la deriva. Algunos ejemplos de este tipo de acantilados los tenemos, la playa y acantilados de Campelo, Valdoviño, Picón, Ortigueira y la playa de Ponzos en Ferrol (ver fotografía 25), ambas en la provincia de A Coruña. Los materiales sedimentarios de base promueven una protección total ante el oleaje ordinario, mientras la base del acantilado es erosionada por el mar sólo en oleajes tempestivos. El frente evoluciona así, principalmente, por la acción de las aguas continentales, a base de grandes desprendimientos o deslizamientos que constituyen un problema para los usuarios de los arenales de base.

III. Acantilados altos con acumulaciones de bloques

Son mucho más abundantes que los anteriores. Ocupan gran parte de los acantilados altos de la cornisa cantábrica y el noroeste de la península. Los bloques pueden tener tamaños diversos, desde la talla métrica hasta la decamétrica. Suelen aparecer restos de plataformas (*stacks*), y denuncian la fuerte dinámica de la vertiente del acantilado debi-

da, sobre todo, al efecto de las aguas continentales. Los bloques constituyen un eficaz protector de la pared acantilada ante los oleajes, no sólo los de alturas frecuentes y pequeñas, sino también para el caso de los temporales invernales. Las células sedimentarias en las que se desarrollan estos acantilados suelen estar desconectadas de los grandes complejos sedimentarios, por lo que los aportes arenosos y de gravas le llegan sólo de la propia evolución del frente rocoso. Siendo volúmenes pequeños, salvo que aparezcan depósitos antiguos, son rápidamente removilizados por el mar dejando como componentes sedimentarios principales los bloques de mayor tamaño. Existen notables ejemplos en numerosas localidades de la costa cantábrica y gallega, como, por ejemplo, gran parte de los acantilados de A Capelada, Cedeira y Cariño, A Coruña, con un desarrollo continuado de unos 35 km sin arenales en la base del frente costero (ver fotografía 27), o el litoral guipuzcoano entre el cabo Higuier y la playa donostiarra de Zurriola, con unos 25 km de altos acantilados tapizados en muchos tramos por bloques en la base.

IV. Acantilados bajos con arenales en la base

No existe un acuerdo entre los diferentes autores con respecto a lo que se entiende por acantilados bajos. Incluso hay una gran diferencia conceptual entre diferentes autores. Flor, 2005 anota que las costa rocosas pueden clasificarse en microacantiladas, con resaltes inferiores a los 2,5 m, mesoacantiladas, entre esa potencia y 5 m y macroacantiladas las que superan esta altura media, mientras que Guilcher, como anotamos anteriormente, los coloca por debajo de los 70 ó 50 m. Sin embargo, un acantilado de 70 metros tiene ya una potencia considerable, así que realmente nos estamos refiriendo principalmente, en este caso, a los acantilados que no superan los 20-25 m. Entre éstos es muy habitual la dicotomía acantilado bajo-arenal en la base, proviniendo este arenal de los aportes de complejos sedimentarios próximos de tipo arenoso o estuarino (ver fotografía 26), o incluso de los aportes de sedimentos provenientes del propio acantilado trasero en proceso de retroceso acelerado. Este retroceso procede, en su mayor parte, de la acción de las aguas continentales, toda vez que la playa suele ser suficiente protección para evitar que los oleajes ataquen la base del acantilado. Sólo en el caso de temporal éste se ve afectado y evoluciona en consecuen-

cia. Así, desde el punto de vista marino, pueden existir casos en los que el acantilado ya no esté activo, aunque se encuentre sólo un poco por encima del intermareal. Muchas calas de la cornisa cantábrica y del litoral galaico responden a este esquema.

V. Acantilados bajos con plataformas

También es muy habitual la combinación de acantilados y plataformas rocosas en la base. Esta situación se da no sólo en litologías poco resistentes a los embates marinos como pueden ser algunos materiales metamórficos que sufrieron intensos procesos de meteorización en paleoclimas tropicales, sino que aparece también en el caso de los materiales ígneos más o menos fracturados. Por ejemplo, podemos encontrarnos con acantilados bajos en materiales esquistosos profundamente alterados en las rías de Pontevedra o Ares, A Coruña (ver fotografía 18), y extensas plataformas con acantilados traseros muy bajos labrados en depósitos antiguos en los granitos del sur de Galicia, entre Cabo Silleiro y A Guarda, o sobre los materiales graníticos de algunos sectores de la Costa da Morte, como el litoral meridional del municipio coruñés de Carnota.

VI. Acantilados bajos con playas de bloques

Muchos sectores con playas de cantos y bloques derivan sus depósitos del desmantelamiento de plataformas y pequeños acantilados que constituyen el límite de superficies de aplanamiento costeras de origen antiguo (ver fotografía 24). Son llanuras litorales cuyo origen no se debe a la acción marina, no son rasas, sino a procesos continentales antiguos que las dejaron en franca exposición ante el ataque de los oleajes en la actualidad. En el contacto entre estas superficies y el mar se modela, pues es un acantilado bajo que es atacado por el mar y desestructurado a base del arranque de bloques que, por la acción de desgaste marino o por una preparación esferoidal previa, pasa a formar *coidos* o playas de cantos. Este tipo es muy frecuente en Galicia, en áreas de la Costa da Morte como Camariñas o Carnota, o en la costa del Barbanza. También pueden darse sectores de este tipo a lo largo de la cornisa cantábrica, a partir del descenso tectónico relativo de algunos bloques afectados por la rasa o por pequeñas cuencas de arrasamiento continental locali-

zadas hoy al borde de la costa, es decir, niveles marinos o continentales antiguos. En este caso suelen dominar las playas de bloques con acantilados que varían mucho en potencia pero que, lejos de constituir las costas microacantiladas que nos podíamos encontrar en el caso anterior, superan los 10 ó 20 m de altura. El área formada por el sector acantilado oriental galaico y occidental artúrico es uno de los sectores con más ejemplos.

2.4.5. El grado de estabilidad

Otro elemento a tener en cuenta a la hora de analizar los acantilados es su grado de estabilidad. Éste está condicionado por a) el tipo de roca; b) su estructura; c) el grado de alteración; d) su situación en un lugar de alta o baja energía; e) su orientación frente al paso de borrascas y f) su pendiente.

Según Martínez, 1997, para la dinámica de taludes aplicable a los acantilados costeros, es necesaria la existencia de unos condicionantes de contorno, como son la existencia de frentes rocosos escarpados, la existencia de discontinuidades como fracturas o fallas de asentamiento para permitir la separación del acantilado en bloques, la degradación de la resistencia de la roca por meteorización, y la acción de fenómenos de erosión hídrica superficial, a lo que podemos añadir el potencial de saturación hídrica intersticial en el sustrato rocoso. Para él, estos condicionantes dependen de la existencia y naturaleza de determinados factores, como la disponibilidad de agua, la existencia de niveles de despegue, una pendiente topográfica de potencial inestabilidad, potencia en el terreno susceptible de ser movilizado, estratificación, fisuración, movimientos tectónicos, sensible fracturabilidad, erodibilidad o carácter meteorizable de los materiales, presencia y densidad de determinadas comunidades vegetales, actividades humanas de cierta presión y vibraciones bruscas. Estos factores aparecen, en mayor o menor medida, en el área de estudio.

Es necesario tener en cuenta la importancia de los procesos no marinos en el retroceso de acantilados, en especial en las rocas poco resistentes (King, 1972). En este sentido, está demostrada y largamente comprobada la estrecha relación existente entre el retroceso de los acantilados y los eventos extraordinarios de precipitaciones (Brundsen & Lee, 2004), o incluso simplemente con el régimen

de precipitaciones (Biville, 2001). La saturación de los espacios intersticiales de los materiales meteorizados o depósitos sedimentarios provoca aumentos de presión hidráulica que acaban por desestabilizar y dinamizar los acantilados, pero el período de ocurrencia del deslizamiento puede sobrevenir tiempo después del evento lluvioso, desde días hasta muchos meses (Brundsen & Lee, 2004), por lo que éstos pueden incluso afectar en épocas de intenso uso turístico. Los desprendimientos y deslizamientos de Ares muestran también la importancia de la saturación hídrica de los materiales que componen los acantilados para la existencia de movimientos en masa. Las precipitaciones tienen una eficacia elevada en función de la baja ETP.

La existencia de grietas de tracción en la parte alta del talud indica la posibilidad de que la dinámica continúe, por lo cual si, por motivos de usos turísticos, se retiran materiales de la base del deslizamiento, éste se reactivaría y continuaría su aproximación hacia la estabilidad a base de su propia evolución. La existencia de numerosas diaclasas es también un agravante de la inestabilidad y dinámica constante de los mismos. Existen también tramos acantilados en los que la evolución rocosa ha llevado al sustrato a presentar una fuerte alteración. La meteorización en la roca, en muchos casos, se evidencia por una coloración intensa blanquecina o rojiza adquirida al convertirse en una masa de oxihidróxidos de hierro, caolín e illita, por ejemplo, quedando englobados los materiales resistentes. Y ello facilita la penetración en profundidad del agua y de las raíces de la vegetación, por lo que los frentes de alteración rocosa pueden alcanzar valores métricos o decamétricos debilitando bastante la estabilidad de los acantilados modelados en estas litologías.

A pesar de que es difícil estudiar su repercusión, no se puede desechar la importancia puntual que los movimientos sísmicos pueden tener en el retroceso de acantilados. Los deslizamientos son riesgos secundarios de los terremotos (Madin, 1992). En áreas de pendiente pronunciada, o en acantilados con un rápido retroceso, es donde mayor importancia tienen los movimientos de tierras inducidos por movimientos sísmicos. Podría llegar a coadyuvar en la importancia de los deslizamientos un proceso de amplificación topográfica que sería necesario analizar en su justa medida. La modificación del medio mediante apertura de carreteras o construcciones de

residencias secundarias que modifican el drenaje natural de los acantilados costeros, incrementa el riesgo de deslizamientos derivados de terremotos. Los acantilados sobre materiales metamórficos fuertemente meteorizados y desestructurados, que se encuentran en metaestabilidad y con fuerte saturación hídrica, son lugares ideales para el desarrollo de deslizamientos que, puntualmente, pero con cierta intensidad, pueden estar provocados por los citados movimientos telúricos. Ello se ve favorecido, además, por la tradicional ocupación humana de los mismos para uso residencial estival.

En relación a todo lo anterior, se puede diferenciar entre acantilados estabilizados, muy frecuentes en rocas compactas, poco fracturadas y alteradas, caso de los granitos, e inestables, que se encuentran en el polo contrario: rocas meteorizadas, fracturadas, con fuerte pendiente, situados en lugares en los que la precipitación es más intensa al convertirse en mullones frente al paso de borrascas, caso de algunos megaacantilados. En este caso las cicatrices de desprendimientos y deslizamientos son numerosas, lo que los convierte en un tipo de hábitat en constante fase de recolonización vegetal, muy interesantes para conocer cómo se produce aquélla y qué especies son las pioneras.

2.4.6. La originalidad de las playas de bloques asociadas (*coidos*)

Los *coidos* son acumulaciones de bloques relativamente abundantes en ciertos sectores de la costa de Galicia. Dentro de ellos se pueden diferenciar varios tipos (Pérez Alberti & López Bedoya, 2004): 1) derivados de núcleos graníticos exhumados; 2) derivados de la fragmentación de la roca; 3) derivados del retrabajamiento de depósitos continentales; 4) derivados de cantos y bloques desprendidos y, 5) mixtos. A su vez, se pueden clasificar en función de su morfometría o de su emplazamiento.

Los primeros se emplazan en sectores en los que existe la clásica alteración del granito en bolos. En este caso el mar ha limpiado la capa de alteración, provocando la caída de los bolos y su posterior acumulación en la parte superior de la playa. Buenos ejemplos se pueden ver en Bares, Ría de Ferrol y Punta do Couso, dentro de la provincia de A Coruña, y en cabo Udra, en la de Pontevedra. Por lo general, dominan los bloques métricos. Su grado de

redondez va parejo con la propia de la descomposición en bolos.

Los segundos son los característicos de la Costa da Morte. Su génesis se ha visto favorecida por la intensa fragmentación de los materiales.

Un quinto grupo puede considerarse como mixtos, dado que surgen de la mezcla de cantos y bloques que derivan de la propia fragmentación de la roca, junto con otros que provienen del desmantelamiento de depósitos antiguos. Se trata de acumulaciones que reciben aportes frecuentes de clastos, al retroceder los acantilados sedimentarios, lo que explica la importante mezcla de tamaños y, sobre todo, de grados de redondez. Ejemplos de este tipo se pueden ver en la Costa da Morte, como es el caso de la Enseada do Trece.

En muchos casos, resulta evidente que se trata en parte de formas heredadas, ya que la posición respecto al rango mareal presente, evidencia un desequilibrio. A menudo se extienden por encima de las cotas de marea alta, presentando los bloques un mayor grado de alteración, estando incluso fosilizados por materiales sedimentarios. La posición de sus partes proximales, a unos 2/3 m sobre la cota actual de marea alta, junto al hecho de que también pueden observarse bajo los depósitos continentales arriba citados, hace que puedan considerarse como acumulaciones formadas en parte durante el Eemiense, posteriormente retrabajadas y aumentadas en el Holoceno.

Los *coidos* constituyen hábitat no considerados hasta el momento presente, dado que ni se pueden considerar playas de guijarros, dado el tamaño de los bloques, ni siempre están asociados a los acantilados, aunque en su mayor parte se encuentran al pie de acantilados y encima de plataformas antiguas.

En áreas de alta energía, lo que explica tanto la fragmentación del roquedo como los posteriores procesos de desgaste, los cantos suelen tener un tamaño menor al metro y su grado de redondez es mayor. Buenos ejemplos se pueden observar en el sector que se extiende entre Cabo Vilán-Camelle.

Los terceros surgen de la desmantelación de los depósitos de origen continental, generados, como ya se ha dicho, en un ambiente frío. Son abundan-

tes en toda Galicia destacando las acumulaciones existentes entre Cabo Touriñán y Muxía o al sur de Cabo Silleiro, en el tramo que se alarga hasta la frontera con Portugal. Ofrecen una gran variedad granulométrica, principalmente a consecuencia de la propia diversidad de facies que presentan los depósitos.

Dentro del cuarto grupo se engloban los *coidos* que derivan de las acumulaciones que surgen de los numerosos desprendimientos que se pueden encontrar en el litoral gallego. Existen múltiples ejemplos, destacando los *coidos* de los Montes da Lagoa, al norte de Ferrol.

Una parte importante de los *coidos* están fuera del rango de marea actual, cubiertos por líquenes, lo que indica que no son activos y que se han acumulado en otros momentos, cuando el nivel del mar estaba dos o tres metros por encima del actual. Posiblemente durante el Eeemiense.

2.5. EXIGENCIAS ECOLÓGICAS

2.5.1. Factores y procesos naturales que controlan la presencia de vegetación y fauna de los acantilados

Cada acantilado está caracterizado por una jerarquía de procesos dinámicos, distribuidos en tiempo y espacio según una frecuencia y magnitud determinadas (Brundsen, 1996). Esta frecuencia y distribución depende de una multiplicidad de factores, como los hídricos, eólicos, de meteorización, movimientos tectónicos y gravitacionales, existiendo una superposición de dos patrones temporales, uno de pequeños eventos por el desarrollo del sistema físico en condiciones normales y otro, de mayor intensidad y menor frecuencia, que responde a períodos cortos de extraordinaria energía oceanográfica, climatológica o telúrica. Estos fenómenos principales pueden sobrevenir en ciclos de varias décadas o de carácter secular y derivar o bien de esos fenómenos puntuales, o bien de la secuencia de acumulación de esfuerzos físicos que acaban por provocar la inestabilidad cuando se supera la capacidad de carga (Brundsen & Lee, 2004). No es desdeñable tener en cuenta que este sistema puede funcionar siguiendo la matemática del caos, en cuanto que una ligera intervención de cualquiera de los condicionantes puede

desarrollar un efecto de grandes magnitudes si el sistema se encuentra en meta-estabilidad, es decir, afectado por una saturación de sucesivas dosis de otros agentes condicionantes (Martínez Martínez, 1997). Por ejemplo, un temblor de tierra, por pequeño que sea, puede provocar grandes movimientos en laderas que han estado durante décadas en estado de equilibrio límite (Suárez & Regueiro, (ed.), 1997).

La forma del acantilado, su grado de verticalidad, el grado de alteración de la roca y el de fracturación son elementos claves en la presencia o no de especies vegetales y animales. A ello hay que añadir las condiciones climáticas materializadas en la cantidad de la precipitación y su intensidad, el grado de insolación o la fuerza del viento. En el caso concreto de los acantilados atlánticos, no se debe olvidar la existencia de numerosos episodios de precipitación asociados a situaciones sinópticas adventidas del oeste.

Por otra parte, la frecuencia de temporales, provoca la llegada de olas hasta la costa, en ocasiones superando la parte alta del acantilado, lo que favorece el aumento de salinidad.

La existencia de rocas ígneas y metamórficas intensamente diaclasadas favorece la existencia de numerosos planos de debilidad, que son aprovechados por las plantas y los animales para situarse.

El grado de exposición en las costas es un factor que condiciona de manera notable la zonación ecológica en acantilados. Aunque esta relación es visible a nivel supralitoral, el ejemplo perfecto lo aporta la distribución y comportamiento de las algas en el intermareal, en función de las cuales, Otero, Comeña & Castro (2002), establecen una clasificación de las costas:

- *Costa muy expuesta*: zona de mar abierto en la que el mar bate más directamente y con más violencia a lo largo del año. Los organismos requieren adaptaciones especiales, como fuertes discos o rizoides. En estas costas tiende a predominar la cobertura animal.
- *Costa expuesta*: está menos sometida a la acción intensa del oleaje, permitiendo el asentamiento de un mayor número de organismos.
- *Protegida*: zona con cierta protección a los embates marinos, como entrantes o bahías. De todas

formas, ni la influencia del agua dulce ni la presencia de sedimentos fangosos es tan clara como en un estuario. La protección a las comunidades vivas puede también sobrevenir de la existencia de una costa muy tendida, predominando las cinturas de fucáceas.

- *Muy protegida*: se da en los fondos de las rías, en los que la escasa hidrodinámica marina favorece la deposición de fangos. La desembocadura de ríos y pequeños cursos fluviales favorece la aparición de una ficofauna especial.

La geomorfología concreta de cada lugar también condicionará esta zonación, puede dar lugar a ambientes protegidos en zonas expuestas. Esto dificulta la zonación animal y vegetal, puesto que para que ésta suceda de manera clara, las mareas deben cumplir un papel más dominante que los oleajes en la distribución de seres vivos. En las costas de sedimentos finos, la zonación depende más de la granulometría de los sedimentos que de las propias mareas.

2.5.2. Factores y procesos antrópicos que afectan a las formas y a la cobertura biológica de los acantilados

La influencia de las actividades humanas sobre los acantilados se ha convertido en un factor muy importante para comprender la dinámica y el grado de salud ecosistémica de los diferentes tipos de acantilados. Esta influencia, casi siempre negativa, tiene una elevada casuística, agrupable en los siguientes apartados:

A) La ruderalización y la llegada de especies bioinvasoras

Es uno de los factores más desequilibrantes que afectan a la morfología y composición natural de los acantilados.

La introducción de especies foráneas, trepadoras, ruderales o de jardín, está produciendo graves problemas de bioinvasiones que ocupan los espacios de la vegetación autóctona y no cum-

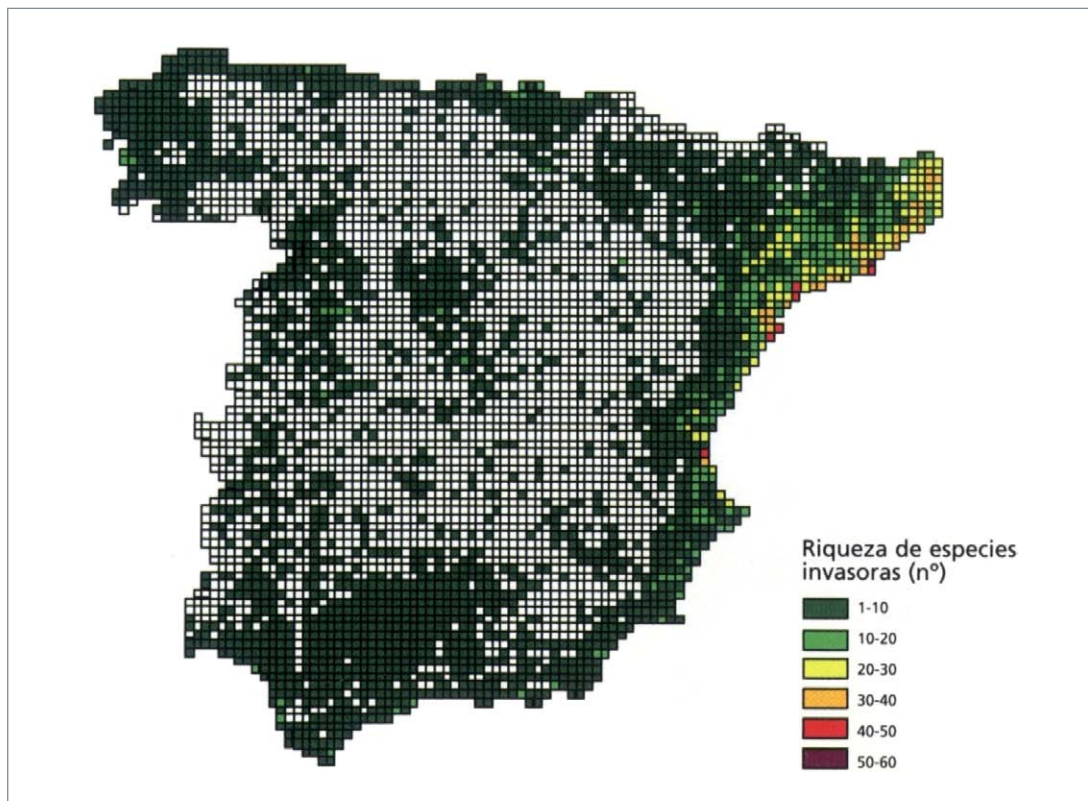


Figura 2.4

Riqueza de plantas invasoras por cuadrícula UTM de 10 x 10 en España peninsular. Datos de Sanz-Elorza & Dana, 2004 en Pino, Gassó, Vilà, Sol, (2008).

plen la misma función ecosistémica, favoreciendo incluso la aceleración de la erosión por parte de las aguas continentales y marinas. El principal espacio invadido, como se puede observar en el mapa superior, son los tipos de hábitat costeros próximos a zonas urbanizadas, sobre todo por parte de plantas ornamentales (Pino, Gassó, Vilà, Sol, 2008). La costa atlántica, sin llegar a los niveles del litoral mediterráneo está sufriendo una aceleración en la degradación de los tipos de hábitat por la llegada de nuevas especies procedentes de diferentes partes del planeta. En este sentido, favorecen la erosión de acantilados por no cumplir con la función fijadora, por ejemplo, *Carpobrotus edulis*, *Carpobrotus acinaciformis*, *Stenotaphrum secundatum* (ésta en acantilados con acumulación de sedimentos eólicos).

En la mayoría de los casos, las especies bioinvasoras reducen la diversidad de especies nativas y a base de hibridación degradan su integridad genética. Esta hibridación es, incluso, un estímulo para la invasión (Sans, Caño & Green,

2008). La hibridación de las dos especies de *Carpobrotus* arriba anotadas está amenazando a diversas especies nativas de *Limonium* (Sans, Caño & Green, 2008), uno de los géneros más prolíficos en la generación de endemismos en las costas atlánticas y, por ello, de biodiversidad.

Estas especies terminan por modificar intensamente las propiedades de los ecosistemas, limitando las funciones ecológicas de algunos de sus integrantes.

La gramínea *Cortaderia selloana* es un ejemplo de especial incidencia en la parte oriental de la cornisa cantábrica, estudiado ya, por ejemplo, por García Cordón, 2003 y Campos & Herrera, 2008. Estos últimos autores anotan que está considerada como una de las 20 especies exóticas invasoras más dañinas, y que sólo en Bizcaya existen 1.336 poblaciones de la misma y aparece, al menos, en 605 localidades en el norte peninsular. La costa presenta los mayores riesgos degradativos, como ilustra el mapa siguiente (ver figura 2.5).

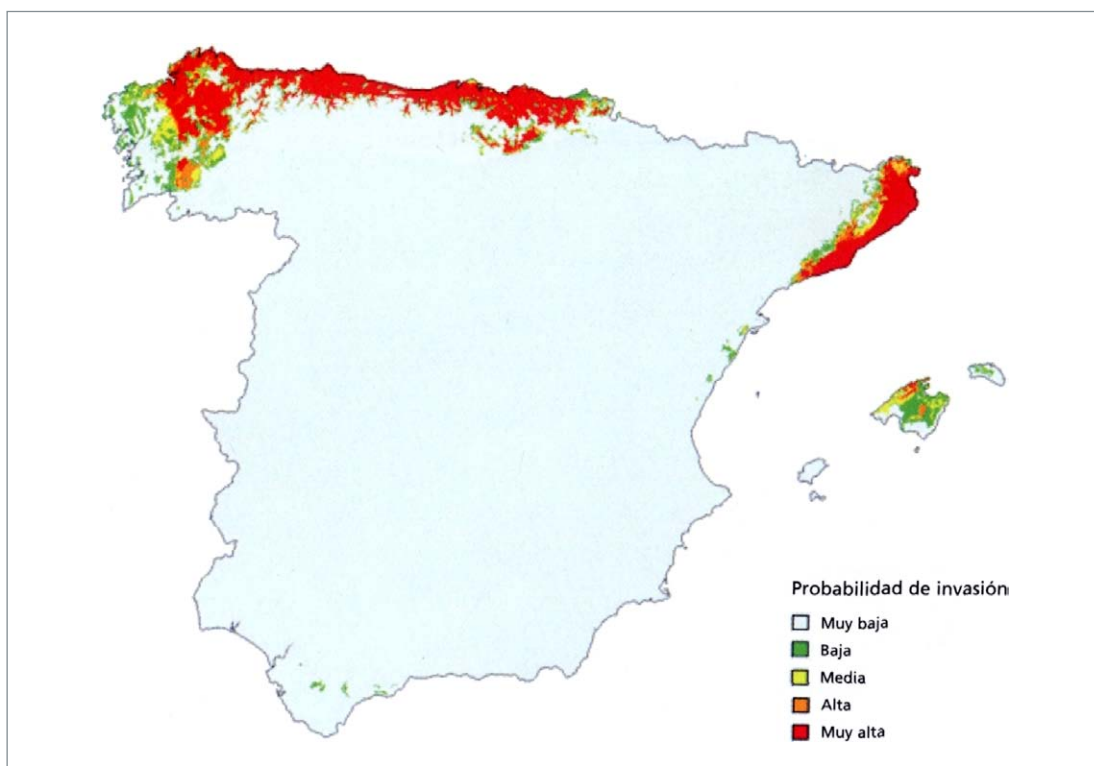


Figura 2.5

Modelización de la distribución potencial de *Cortaderia selloana* en España empleando distintas capas de datos ambientales, principalmente climáticos.

Campos & Herrera (2008): El carrizo de la pampa en la cornisa cantábrica.

Su dispersión en la costa se ve favorecida por las corrientes de aire y las turbulencias propias del microclima costero.

B) La creación de infraestructuras marítimas

La construcción de puertos deportivos o comerciales inicia una transformación de las corrientes y la dinámica litoral que provoca aumentos en los ratios de erosión en lugares muy distantes del punto de transformación humana. En consecuencia se desarrollan obras de defensa del litoral, que son inapropiadas en muchos casos.

La mayor parte de los puertos se concentran en rías, estuarios y grandes bahías, al abrigo de profundos entrantes costeros que generaron numerosos tramos de costa salvados de los temporales invernales. Así, han sido ocupados por comunidades hasta hace poco de especialización pesquera y que posteriormente evolucionaron en tamaño y diversificación productiva. Ello, como veremos, de manera directa o indirecta, ha tenido graves consecuencias para los complejos sedimentarios y tramos acantilados próximos.

El desarrollo portuario, que pasó de pesquero a comercial y ahora también a turístico, se desarrolla en áreas de complejos sistemas de corrientes, cuya desviación o interrupción propicia graves consecuencias para los tramos costeros próximos. La falta de estudios completos de corrientes, o peor, la inexistencia de análisis sobre las consecuencias de su implantación ha llevado a una situación en la que no es raro encontrarse con arenales que fueron perdiendo grandes volúmenes de sedimento hasta entrar en un ciclo erosivo continuado o que, incluso, los llevó a su práctica desaparición. En consecuencia, algunos tramos acantilados próximos a los mismos, sobre litologías meteorizadas o resistentes, han sufrido una desprotección sedimentaria que los ha llevado a acelerar su retroceso. En algunas ocasiones, se cortan los tránsitos de las corrientes cargadas de sedimentos fluviales en las márgenes derecha de las rías, dirigidas por la separación de flujos de diferente salinidad y por el efecto de la fuerza de Coriolis, y se favorece aún la entrada de las corrientes marinas exteriores, manteniendo o aumentando los fenómenos erosivos de los oleajes e impidiendo que se reintegren los sedimentos desplazados a la zona submareal mediante nuevos

aportes fluviales. Los acantilados conectados con estas células sedimentarias ven socavada así su estabilidad y entran en retroceso. En otros, los sedimentos que deberían ser reintroducidos hacia el interior de las rías por las corrientes marinas de entrada son desplazados por su desviación a partir de la construcción de espigones, como ocurre en la ría de Camariñas con la playa de Lingude (A Coruña), o en las Rías Altas en Area Longa (O Viñado, Lugo), y en A Madalena (Cedeira, A Coruña), o en Altar, (Barreiros, Lugo) (ver fotografía 29). En este último caso, los acantilados existentes en la parte trasera oriental del arenal están poniendo en peligro, en su erosión acelerada, un área residencial inmediata.

C) La sobrefrecuentación de los acantilados

Es uno de los factores directos con mayor influencia en la evolución y degradación de los acantilados. La presencia humana en el litoral, intensa desde la prehistoria, se ha ido incrementando hasta adquirir una actitud masiva que está poniendo en peligro los ecosistemas costeros de todo el planeta. La economía de consumo, la generación de modas vacacionales vendidas como éxito social del individuo ante sus congéneres o las tendencias que hacen del turismo de sol y playa el fundamento de potentes industrias hoteleras y de servicios en no pocas áreas litorales, está llevando a perder biodiversidad y geomorfodiversidad, en algunos casos, de forma irreversible.

Existen varias formas principales de ocupación costera con especial incidencia en la erosión de acantilados. Entre ellas podemos destacar: las edificaciones en zonas sensibles; la red de senderos generada por el tránsito de personas y vehículos sobre el frente acantilado; la creación de una densa red de emisarios para la evacuación de aguas pluviales o fecales.

La inestabilidad de los acantilados costeros aparece como uno de los mejores indicadores de la errónea planificación del litoral. Desde el punto de vista de la gestión, el carácter fundamental de los acantilados es su total incapacidad para alcanzar un equilibrio: la forma no se conserva más que por retroceso y el retroceso no puede ser parado más que renunciando a conservar la forma (Pinot, 1998). Esta máxima no

parece ser comprendida por los técnicos encargados de solucionar los problemas de inestabilidad en la costa. Existen largos tramos acantilados, tanto en la costa de rías como en la exterior, sujetos a una falsa estabilidad que desaparece con las sobrecargas en la parte alta de los taludes o con la modificación mínima del perfil. Se ven en peligro, así, por la dinámica costera, construcciones de segunda residencia y vías de comunicación. En muchos casos, los trabajos realizados para fijar estas vertientes llevan a mayores desequilibrios, que exigen inversiones superiores para estabilizar el geosistema. El problema puede acrecentarse durante décadas. En ocasiones, los acantilados compuestos por materiales rocosos muy meteorizados o sedimentarios son la fuente de suministro arenoso de las playas. Con los trabajos de fosilización artificial para proteger las construcciones del retroceso de los cantiles, se corta este suministro, desapareciendo los arenales e intensificándose el retroceso del continente. Vías férreas, carreteras, viviendas, senderos, jardines, miradores, paseos marítimos, así como canalizaciones para la concentración de aguas pluviales y residuales relacionadas con el establecimiento de polígonos industriales, urbanizaciones residenciales y parques eólicos, son algunos de los elementos urbanizadores que implican la desestabilización de acantilados y las cuantiosas pérdidas económicas derivadas de la misma.

La creación de senderos en la costa no es un problema que perjudica sólo a los acantilados sino también a los cordones dunares, en los que los senderos de bañistas dan lugar a corredores de deflación que acaban por dismantelar las dunas vegetadas. En el caso de los acantilados, la influencia de los senderos ha sido bien estudiada por Pinot, 1998 y Van Waerbeke, 1999. En un principio, podría parecer que este fenómeno tiene una escasa relevancia en la estabilidad de los acantilados, pero no es así, y ello debe hacernos pensar que el medio costero es un geosistema que depende de la estabilidad de numerosos parámetros o factores y que cualquier desequilibrio o actividad humana, por minúscula que parezca, es muy importante. El trabajo de Van Waerbeke, 1999, sobre el norte de la Bretaña francesa nos muestra el gran impacto de los senderos litorales sobre los acantilados con roca fuertemente meteorizada o sobre acantilados sedimentarios. Con el pisado

constante se produce una degradación de la cobertura vegetal y una compactación del suelo. Esta situación lleva a una profundización del sendero costero y a una resistencia diferencial a la penetración hídrica entre el sendero y la parte inferior al mismo, además de desarrollarse la impermeabilidad del sendero y ocurrir un efecto de resonancia sobre el acantilado (esto es comprobable fácilmente cuando se salta sobre un acantilado sobre depósitos antiguos o sobre materiales sedimentarios subactuales, incluso sobre alteritas, pues se escucha como una vibración y una transmisión del sonido en profundidad). Si el surco del sendero da lugar a una concentración de aguas pluviales, a la vez la transformación del comportamiento hídrico por impermeabilización lleva a la modificación de la escorrentía superficial y de la circulación hipodérmica. Finalmente, ocurre, por la modificación del comportamiento hídrico, una desestabilización del frente acantilado y un agrandamiento de fisuras ya existentes, tales como pequeñas fallas, fracturas en general, grietas de tracción, etc. El resultado final es que todo este proceso influye sobre el acantilado, aumentando la erosión y el retroceso del mismo.

El exceso constructivo sobre los acantilados provoca también graves problemas de estabilidad. Por un lado, las necesidades de agua de las viviendas y negocios costeros modifica la circulación hídrica en el litoral, encauzándola y captándola, en muchas ocasiones, con la subsiguiente problemática ecológica y de evolución de formas costeras. Por otra banda, los edificios provocan un aumento de la presión sobre acantilados que en ocasiones están en metaestabilidad por saturación hídrica, lo que coadyuva a la presión hidrostática provocando deslizamientos y desprendimientos frecuentes. Por último, las construcciones costeras de segunda residencia demandan una serie de servicios como alcantarillado, alumbrado, asfaltado o cementado de vías de acceso, etc., que terminan por colapsar el geosistema acantilado.

Un problema específico de la ocupación humana del litoral es el de los efectos que las redes artificiales de drenaje tienen sobre los acantilados. En efecto, desagües industriales, fecales y de concentración de pluviales tienen consecuencias muy graves sobre muchos tramos acantilados. La generación de desprendimientos, deslizamientos, contaminaciones, erosiones

y acaravamiento sobre materiales no consolidados, y la consecuente aceleración del retroceso de los acantilados, es un fenómeno cada vez más frecuente.

2.5.3. La interrelación de factores y procesos y la ocupación biológica de los acantilados

Según Sanmartín & Lago (1998) la composición química de la roca no influye de manera decisiva en la distribución de las plantas en las áreas dominadas por rocas metamórficas e ígneas. Sin embargo, se observa cómo el grado de meteorización y fracturación de las rocas sí que tiene importancia, ofreciendo las rocas con mayor grado de alteración una mayor variedad de plantas que las rocas sin alterar. En todo caso, es cierto que la litología siempre aporta edafismos propios de su naturaleza y que la morfología de los mismos, es decir sus subtipos, conlleva una distribución vegetal y animal diferenciada, debida a que los condicionantes que distribuyen los tipos vegetales se muestran con diferente intensidad y alcance.

Las primeras plantas capaces de colonizar los acantilados desnudos son los líquenes, que son capaces de soportar las fuertes oscilaciones de temperatura que se suelen dar cuando, después de una larga exposición al sol, reciben el impacto de las gotas de agua frías lanzadas por el oleaje. Este fenómeno provoca una evaporación rápida del agua, lo que favorece el aumento de los niveles de la salinidad en la superficie de la roca cuando no, después de momentos de temporal, de acumulaciones de sal en las hondonadas. La presencia de líquenes es importante como indicador del grado de contaminación, tanto atmosférica como marina, porque, pese a vivir en ambientes difíciles, no soportan la acción de ciertos contaminantes.

En los acantilados rocosos o encima de los inactivos, que se emplazan por encima del nivel de las mareas, son abundantes los líquenes como: *Ramalina siliquosa*, *Xanthoria parietina*, *Verrucaria maura*, *Lichina pygmaea*, *Lacanora atra* o *Caloplaca marina*.

Otro hecho destacable es que la formación de placas liquénicas en las rocas sirve para preparar estos ambientes para el crecimiento de las plantas pioneras, como los briófitos que, a su vez, junto con los materiales de descomposición de la roca, crean pe-

queñas acumulaciones de sedimentos que quedan retenidos en concavidades o en las hendiduras abiertas a partir de la alteración diferencial siguiendo líneas de fractura. Estos microsuelos, o suelos embrionarios, son aprovechados por las plantas casmofíticas de mayor porte.

A lo largo de su evolución, las plantas casmofíticas o fisurícolas sufrieron importantes modificaciones en su aparato vegetativo en la lucha por la búsqueda de agua, que es el factor más limitante, junto con la presencia de sal.

El agua de la lluvia percola por las líneas de fractura o discurre por la superficie, siendo muy pequeña la cantidad retenida. Este hecho da lugar a un ambiente difícil para las plantas, apareciendo algunas lapídícolas que sólo crecen sobre las rocas.

Sin embargo, la mayor parte de la flora que existe en los acantilados son, según Sanmartín & Lago (1998) está constituida por aerohalófitas y halófitas terrestres, ya que la sal es un elemento de primer orden que influye grandemente en estos tipos de hábitat. Las primeras se humedecen por el *spray* marino y las segundas son casmófitas que viven en las hendiduras rellenas por materia orgánica traída por el viento o procedente del mar. En este caso, muchas especies son las mismas que crecen en las praderías salinas. En otros lugares hay especies que, a pesar de crecer en un ambiente rico en arena o nitrófilo, aparecen abundantemente en los acantilados. Esto se puede explicar porque los fuertes vientos pueden arrastrar arena hasta ellos, favoreciendo el crecimiento de psamófitos. Por otra parte, la presencia de un gran número de aves marinas y sus excrementos favorecen la existencia de un alto nivel de especies nitrófilas, sobre todo de pequeño porte, capaces de resistir los fuertes vientos de las costas atlánticas.

Este hecho explica, por ejemplo, que, en las Illas Cíes (Pontevedra), en la parte alta de los acantilados, donde la profundidad del suelo propicia la existencia de un pastizal de gramíneas, enmarcado en la asociación *Dauco gummifer-Festucetum pruinisae*, la alta densidad de gaviota argétea, que provoca la existencia de una gran cantidad de excremento y la consiguiente nitrificación del suelo, aparezcan plantas halonitrófilas (Guitián & Guitián, 1990).

La distribución, pues, de las diferentes especies en los acantilados viene determinada por su altura so-

bre el nivel del mar, por el grado de alteración de la roca, por su exposición a los vientos o por la mayor o menor abundancia de aves, así como por el grado de movilidad del terreno. Entre las fanerógamas, destaca el *Crithmun maritimum*, al que se le asocia frecuentemente la *Armeria pubigera*. Ambas especies ocupan una amplia franja que va desde la orilla del mar hasta la parte alta de los acantilados.

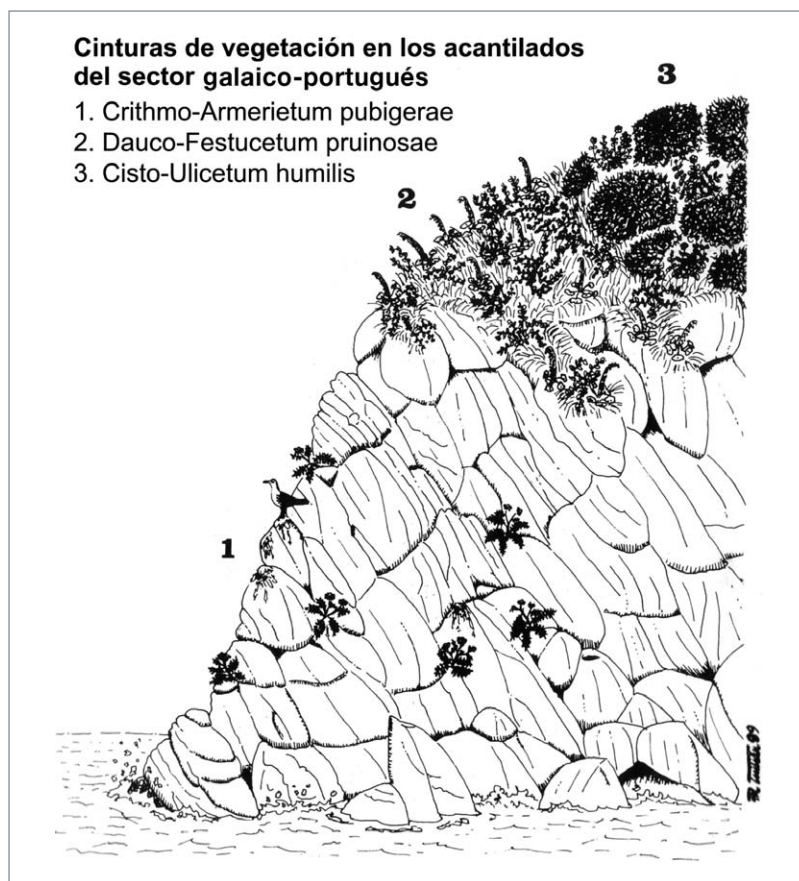
A medida que se asciende, en lugares más alejados del mar, aumenta la diversidad de especies y aparecen plantas como *Silene uniflora* subsp. *uniflora*, *Spercularia rupicola*, *Angelica pachycarpa*, *Lobularia maritima*, *Cochlearia danica*, *Centaurium maritimum*, *Plantago coronopus*, *Bellis sylvestris* y *Leucantherium merinoi*.

En las partes más altas del acantilado se desarrolla una vegetación típica de transición hacia la landa. Las plantas se encuentran todavía expuestas a fuertes vientos, por lo que adquieren un aspecto pulvular. Los suelos pueden estar más desarrollados, por lo que las plantas alcanzan un mayor porte,

aunque su escasa fertilidad actúa como factor limitante. Las especies más características son: *Anthyllis vulneraria*, *Carpobrotus edulis*, *Dactylis glomerata*, *Tryfolium occidentales*, *Daucus carota* subsp. *Gummifer*, *Matricaria naritima*, *Ulex europeus*, *Daphne gnidium*, *Erica cinerea*, *Erica umbellata*, *Carlina corymbosa*, *Leontodon taraxacoides*, *Echium rosulatum*, *Cistus salvifolius* o *Asparagus aphyllus*.

En algunos lugares, allí donde se concentra la humedad, motivado por la escorrentía o por la presencia del nivel freático, pueden aparecer especies como *Samolus valerandai*, *Rorippa naturtium-aquaticum*, *Petroselinum crispum*, *Epilobium parviflorum*, *Apium graveolens* o *Sisymbrium austriacum*, entre otras.

Como ejemplo de la distribución de la vegetación en diferentes tipos de acantilados desde el punto de vista litológico y morfológico, además de su pertenencia a distintos sectores biogeográficos, aportamos los siguientes esquemas y sus fichas correspondientes, que han sido extraídas de Díaz González & Fernández Prieto, 1994 y de Guitián & Guitián (1990):



Ejemplo de acantilados del sector biogeográfico galaico-portugués. Extraído de Guitián & Guitián (1999): A paisaxe vexetal das Illas Cíes.

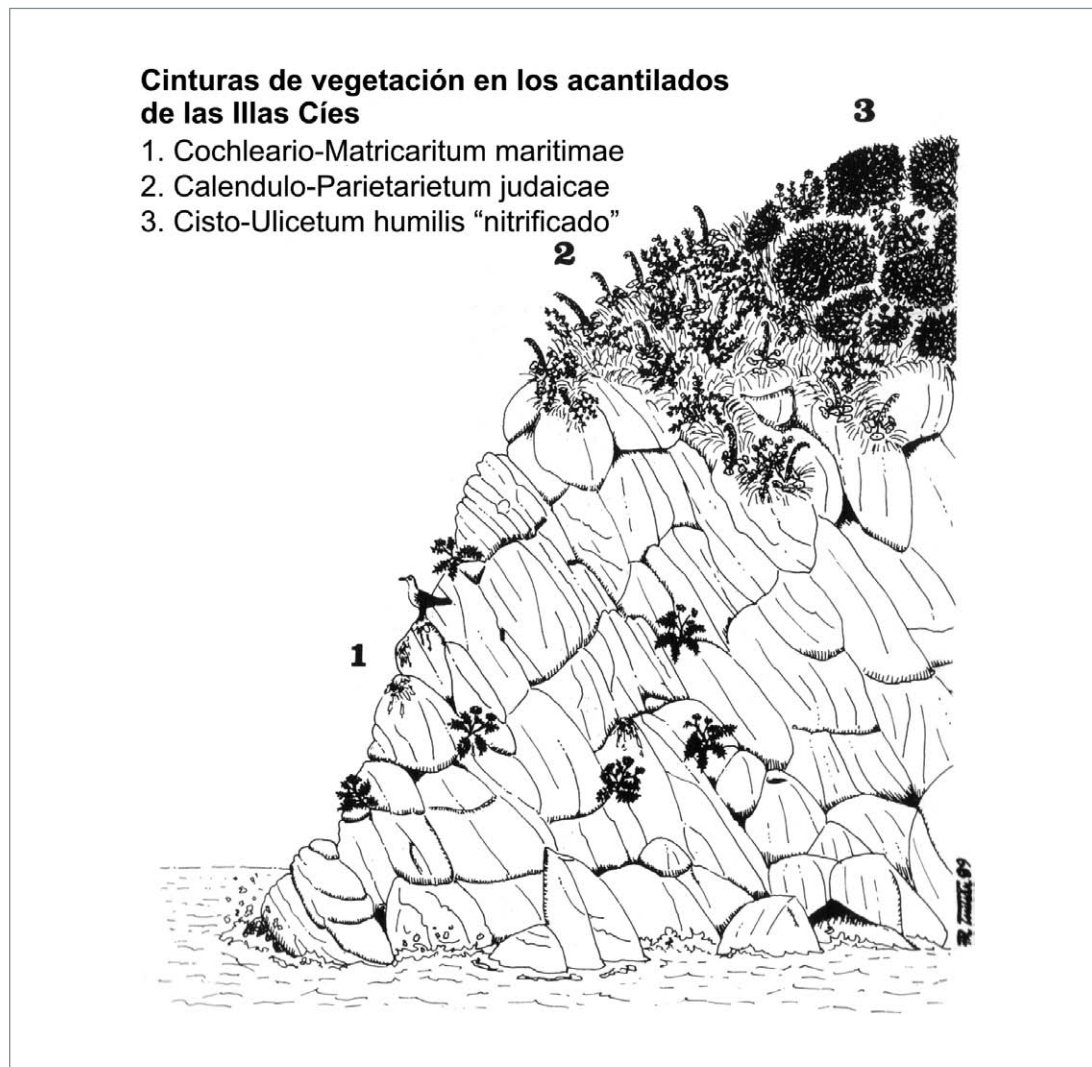


Figura 2.7

Ejemplo de acantilados silíceos ígneos, en este caso graníticos, de las Illas Cíes, Vigo.
 Extraído de Guitián & Guitián (1999): A paisaxe vexetal das Illas Cíes.

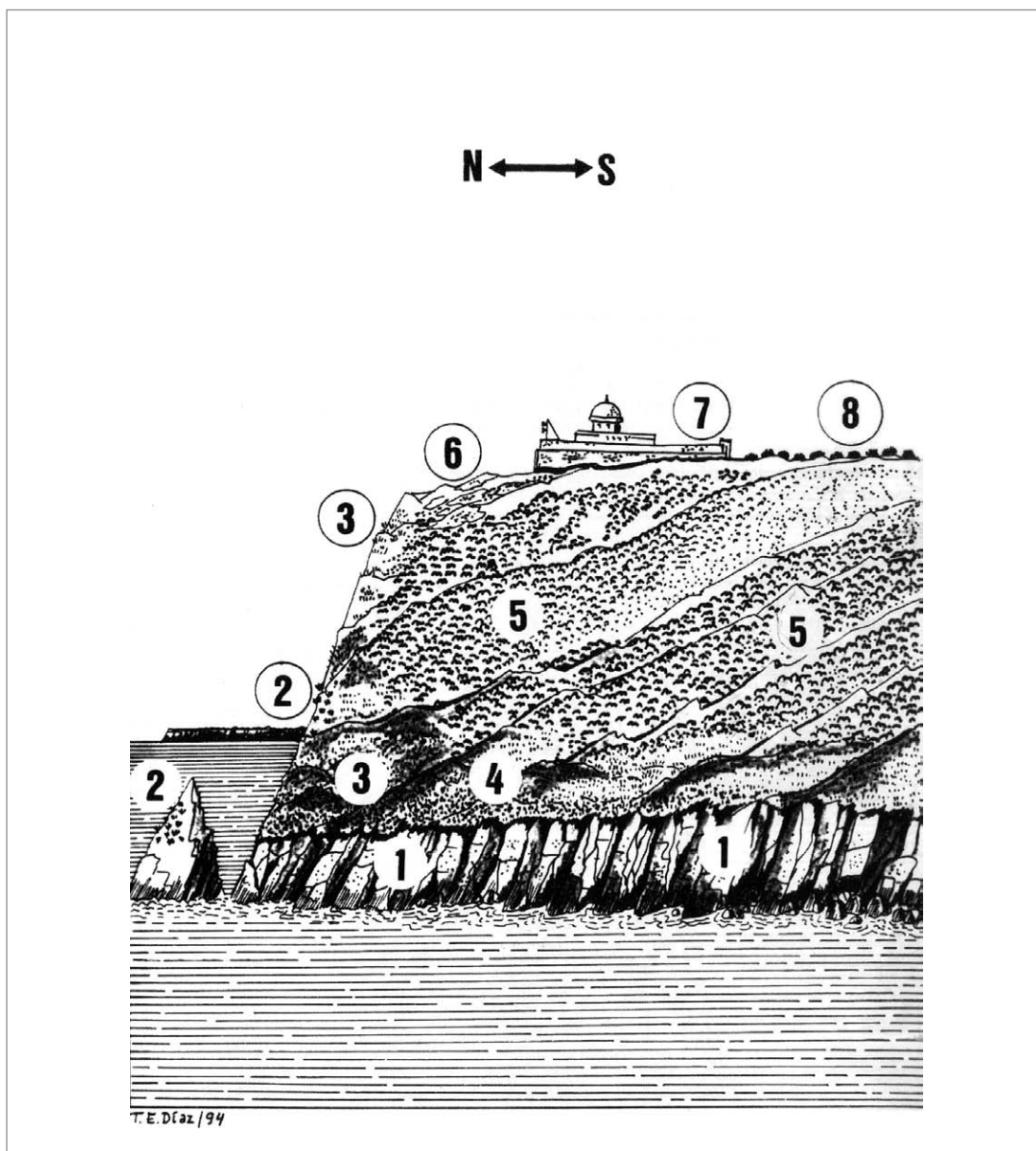


Figura 2.8

Ejemplo de acantilados cuasiverticales con remate plano sobre materiales metamórficos y sedimentarios, en este caso cuarcitas y areniscas. Cabo Vidio, Cudillero, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotánica*.

FICHA/CARD 4

Localidad [Locality]: Cabo Vidio (Cudillero, Asturias) [Cape Vidio (Cudillero, Asturias)].

Altitud [Altitude]: 80 m.

Fecha [Date]: 20 de Junio de 1994 [June the 20 th 1994].

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Galaico-Asturiano septentrional (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro-Atlántica) [Northern Galaic-Asturian subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous-Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior [Thermocolinous, lower humid].

Litología [Lithology]: Cuarcitas armoricanas y areniscas [Armorican quartzites and sandstones].

1. Vegetación cormofítica de carácter halocasmofítico constituida por las comunidades de la *Spergulario rupicola-Armerietum depilatae* (*Crithmo-Armerienion*, *Crithmo-Armerion*) [Cormophytic vegetation of halocasmophytic character constituted by communities of the *Spergulario rupicola-Armerietum depilatae* (*Crithmo-Armerienion*, *Crithmo-Armerion*)].
2. Herbazales fuertemente nitrificados como consecuencia de los potentes depósitos de deyecciones de aves marinas de la *Lavateretum arboreae* (*Chenopodietalia muralis*) [Weed communities highly nitrified by high amounts of marine birds dejections of the *Lavateretum arboreae* (*Chenopodietalia muralis*)].
3. Pastizales densos halófilos de la *Dauco gummifero-Festucetum pruinosae armerietosum depilatae* (*Sileno-Festucenion pruinosae*, *Crithmo-Armerion*) [Dense halophilous pastures of the *Dauco gummifero-Festucetum pruinosae armerietosum depilatae* (*Sileno-Festucenion pruinosae*, *Crithmo-Armerion*)].
4. Comunidades ornitocoprófilas de *Cochlearia danica* y *Matricaria maritima*, alternando con fragmentos de la *Sagino maritimae-Catapodietum marinae* (*Saginion maritimae*) [Ornithocoprofilous communities of *Cochlearia danica* and *Matricaria maritima* alternating with pieces of the *Sagino maritimae-Catapodietum marinae* (*Saginion maritimae*)].
5. Brezales-tojales aerohalófilos de la *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae* (*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*) [Heath-gore formations of the *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae* (*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*)].
6. Comunidades de *Sedum anglicum* y *Spergularia rupicola* en litosuelos (*Sedo-Scleranthetalia*) [Communities of *Sedum anglicum* and *Spergularia rupicola* on lithosolis (*Sedo-Scleranthetalia*)].
7. Comunidades de *Parietaria judaica* y *Urtica membranacea* en la base de los muros del faro (*Parietarietalia*) [Communities of *Parietaria judaica* and *Urtica membranacea* on the wall base of the lighthouse (*Parietarietalia*)].
8. Facies menos halófila de los brezales del *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae* [Less halophilous facies of the heath formations of the *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae*].

Figura 2.9

Ejemplo de acantilados cuasiverticales con remate plano sobre materiales metamórficos y sedimentarios, en este caso cuarcitas y areniscas. Cabo Vidio, Cudillero, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.

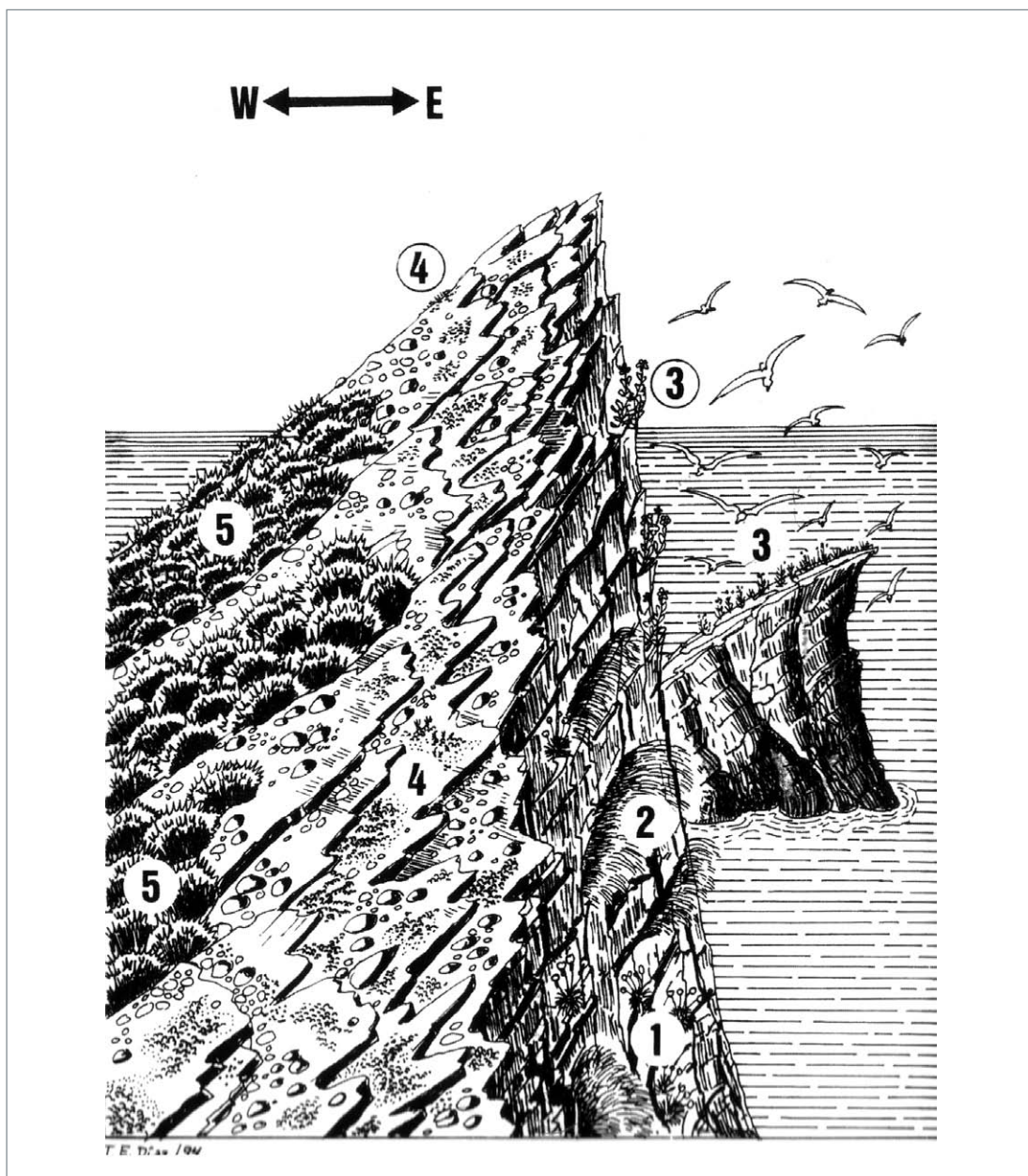


Figura 2.10

Ejemplo de acantilados en extraplomo con remate inclinado sobre materiales metamórficos y sedimentarios, en este caso cuarcitas y areniscas. Cabo Vidio, Cudillero, Asturias.
Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotánica*.

FICHA/CARD 5

Localidad [Locality]: Cabo Vidio (Cudillero, Asturias) [Cape Vidio (Cudillero, Asturias)]

Altitud [Altitude]: 80 m.

Fecha [Date]: 20 de Junio de 1994 [June the 20 th 1994]

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Galaico-Asturiano septentrional (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro-Atlántica) [Northern Galaic-Asturian subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous-Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior [Thermocolinous, lower humid].

Litología [Lithology]: Cuarcitas armoricanas y areniscas [Armorican quartzites and sandstones].

1. Vegetación cormofítica de carácter halocasmofítico constituida por las comunidades de la *Spergulario rupicola-Armerietum depilatae* (*Crithmo-Armerienion*, *Crithmo-Armerion*) [Cormophytic vegetation of halochasmophytic character constituted by communities of the *Spergulario rupicola-Armerietum depilatae*(*Crithmo-Armerienion*, *Crithmo-Armerion*)].
2. Pastizales densos halófilos de la *Dauco gummifero-Festucetum pruinosae armerietosum depilatae* (*Sileno-Festucenion pruinosae*, *Crithmo-Armerion*) [Dense halophilous pastures of the *Dauco gummifero-Festucetum pruinosae armerietosum depilatae*(*Sileno-Festucenion pruinosae*, *Crithmo-Armerion*)].
3. Herbazales fuertemente nitrificados, como consecuencia de los potentes depósitos de deyecciones de aves marinas, de la *Lavateretum arboreae* (*Chenopodietalia muralis*) [Weed communities highly nitrified by high amounts of marine birds dejections of the *Lavateretum arboreae*(*Chenopodietalia muralis*)].
4. Comunidades de *Sedum anglicum* y *Spergularia rupicola* en litosuelos (*Sedo-Scleranthetalia*) [Communities of *Sedum anglicum* and *Spergularia rupicola* on lithosolis (*Sedo-Scleranthetalia*)].
5. Brezales-tojales aerohalófilos de la *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae* (*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*) [Heath-gore formations of the *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae*(*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*)].

Figura 2.11

Ejemplo de acantilados en extraplomo con remate inclinado sobre materiales metamórficos y sedimentarios, en este caso cuarcitas y areniscas. Cabo Vidio, Cudillero, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.

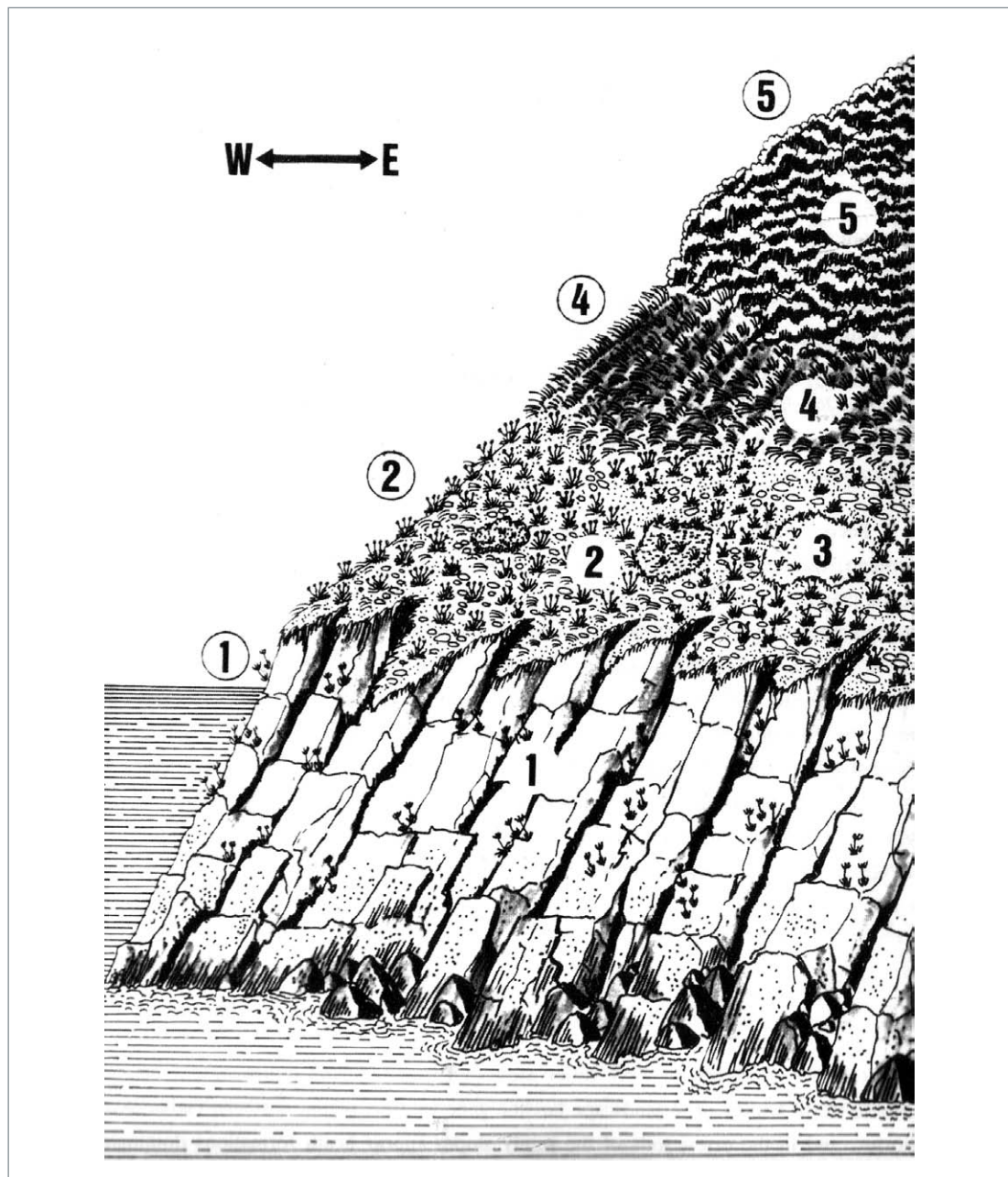


Figura 2.12

Ejemplo de acantilados compuestos de vertiente sobre pared sobre materiales metamórficos y sedimentarios, en este caso cuarcitas y areniscas. Cabo Vidio, Cudillero, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotánica*.

FICHA/CARD 6

Localidad [Locality]: Cabo Vidio (Cudillero, Asturias) [Cape Vidio (Cudillero, Asturias)].

Altitud [Altitude]: 20 m.

Fecha [Date]: 20 de Junio de 1994 [June the 20 th 1994].

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Galaico-Asturiano septentrional (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro-Atlántica) [Northern Galaic-Asturian subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous-Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior [Thermocolinous, lower humid].

Litología [Lithology]: Cuarcitas armoricanas y areniscas [Armorican quartzites and sandstones].

1. Vegetación cormofítica de carácter halocasmofítico constituida por las comunidades de la *Spergulario rupicola-Armerietum depilatae* (*Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Armerion*) [Cormophytic vegetation of halocasmophytic character constituted by communities of the *Spergulario rupicola-Armerietum depilatae*(*Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Armerion*)].
2. Pastizales densos halófilos de la *Dauco gummifero-Festucetum pruinosa armerietosum depilatae* (*Sileno-Festucenion pruinosa*, *Crithmo-Armerion*) en facies de *Armeria pubigera* subsp. *depilata* muy degradada por las deyecciones de las aves marinas [Dense halophilous pastures of the *Dauco gummifero-Festucetum pruinosa armerietosum depilatae*(*Sileno-Festucenion pruinosa*, *Crithmo-Armerion*) facies of the *Armeria pubigera* subsp. *depilata* very degraded by the marine birds dejections].
3. Comunidades ornitocoprófilas de *Cochlearia danica* y *Matricaria maritima*, alternando con fragmentos de la *Sagino maritimae-Catapodietum marinae* (*Saginion maritimae*) [Ornithocoprofilous communities of *Cochlearia danica* and *Matricaria maritima* alternating with pieces of the *Sagino maritimae-Catapodietum marinae*(*Saginion maritimae*)].
4. Pastizales densos halófilos de la *Dauco gummifero-Festucetum pruinosa armerietosum depilatae* (*Sileno-Festucenion pruinosa*, *Crithmo-Armerion*) en su aspecto típico [Dense halophilous pastures of the *Dauco gummifero-Festucetum pruinosa armerietosum depilatae*(*Sileno-Festucenion pruinosa*, *Crithmo-Armerion*) in its typical aspect].
5. Brezales-tojales aerohalófilos de la *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae* (*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*) [Heath-gore formations of the *Angelico pachycarpae-Ulicetum maritimae*(*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*)].

Figura 2.13

Ejemplo de acantilados compuestos de vertiente sobre pared sobre materiales metamórficos y sedimentarios, en este caso cuarcitas y areniscas. Cabo Vidio, Cudillero, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.

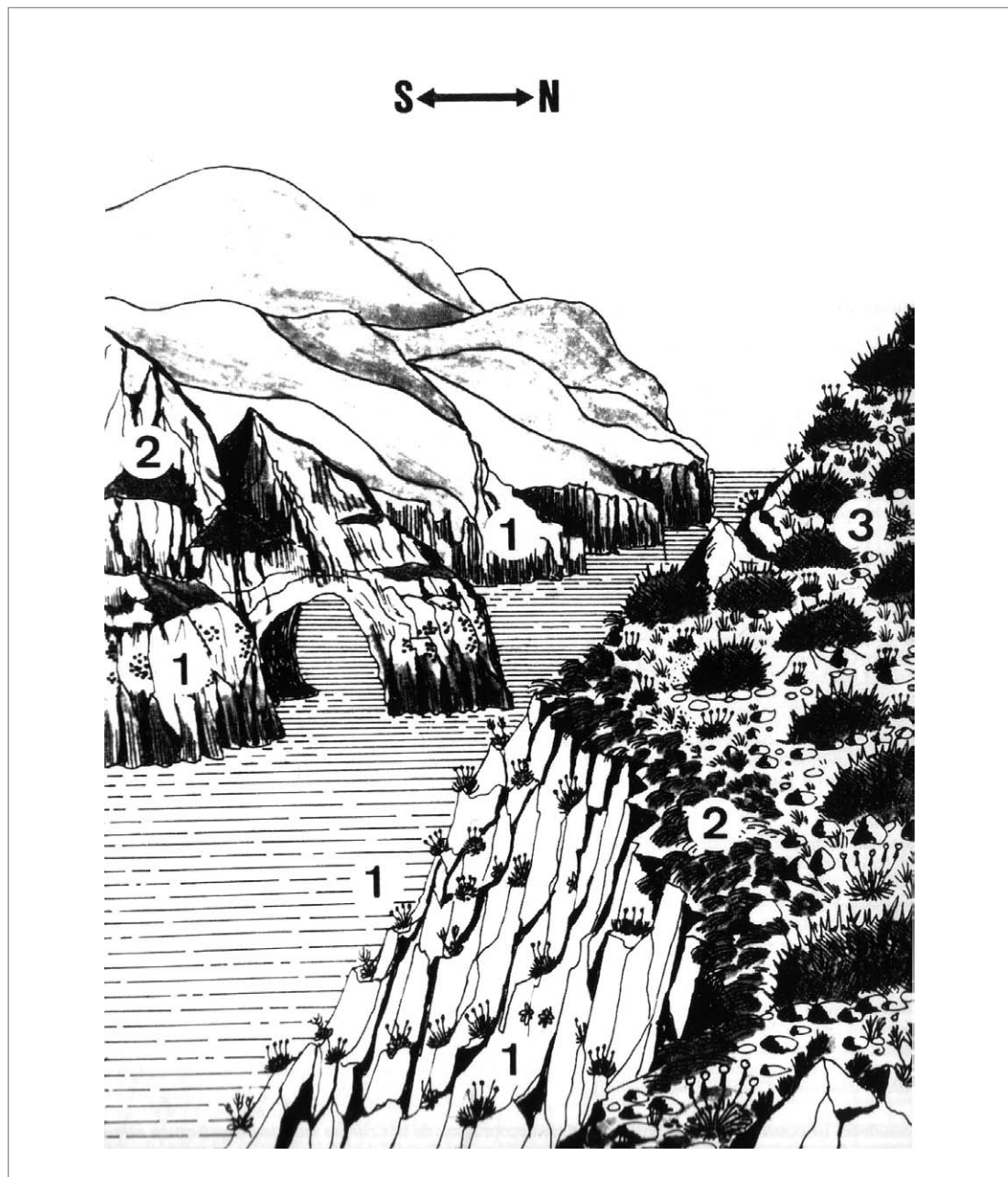


Figura 2.14

Ejemplo de acantilados compuestos de vertiente sobre pared sobre materiales calizos. Cabo San Emetero, Pimiango, Rivadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotánica*.

FICHA/CARD 22

Localidad [Locality]: Cabo San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias) [Cape San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias)].

Altitud [Altitude]: 30 m.

Fecha [Date]: 23 de Junio de 1994 [June the 23rd 1994].

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Ovetense (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro Atlántica) [Ovetense subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior [Thermocolinous, lower humid].

Litología [Lithology]: Calizas [Limestones].

1. Comunidades halocasmofíticas de acantilados de rocas calcáreas duras de la asociación *Crithmo-Limonietum binervosi* (*Crithmo-Armerienion*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*) [Halochasmophytic communities of the hard calcareous rock cliffs of the association *Crithmo-Limonietum binervosi* (*Crithmo-Armerienion*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*)].
2. Pastizales densos halófilos de las zonas más protegidas de los acantilados de calizas duras pertenecientes a la asociación *Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosae* (*Sileno-Festucion pruinosa*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*). Con menor influencia aerohalófila se incorpora a estos pastizales *Schoenus nigricans* [Dense halophilous pastures of the most protected zones of the hard limestone cliffs belonging to the association *Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosae* (*Sileno-Festucion pruinosa*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*). With less aerohalophilous influence *Schoenus nigricans* is incorporated to these pastures].
3. Brezal-tojal aerohalófilo con aulagas de la *Genisto occidentalis-Ulicetum maritimi* (*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*) [Aerohalophilous heath-gorse formation with furzes of the *Genisto occidentalis-Ulicetum maritimi* (*Ulicenion maritimo-humilis*, *Calluno-Ulicetea*)].

Figura 2.15

Ejemplo de acantilados compuestos de vertiente sobre pared sobre materiales calizos. Cabo San Emeterio, Pimiango, Ribadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.

FICHA/CARD 23

Localidad [Locality]: Cabo San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias) [Cape San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias)]

Altitud [Altitude]: 30 m.

Fecha [Date]: 23 de Junio de 1994 [June the 23rd 1994].

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Ovetense (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro Atlántica) [Ovetense subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior. [Thermocolinous, lower humid]

Litología [Lithology]: Calizas [Limestones].

Relación entre vegetación potencial y actual de la zona [Relation between potential and current vegetation of the zone].

- A. Acebuchales como comunidades permanentes en estaciones protegidas de los vientos del noroeste [Wild olive formations as permanent communities in places protected from the Northwest winds].
- B. Serie de los encinares (*Lauro nobilis-Querceto ilicis S.*) [Evergreen oak series (*Lauro nobilis-Querceto ilicis S.*)].
- C. Serie de los bosques mixtos eútrofos con carbayos (*Polysticho setiferi-Fraxineto excelsioris S.*) [Series of the mixed eutrophic forests with oaks (*Polysticho setiferi-Fraxineto excelsioris S.*)].
1. Acebuchales de la *Lithodoro diffusae-Oleetum europaeae* (*Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni, Quercetea ilicis*) [Wild olive formations of the *Lithodoro diffusae-Oleetum europaeae* (*Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni, Quercetea ilicis*)].
2. Aulagares de la *Ulici europaei-Genistetum occidentalis* (*Genistion occidentalis, Ononidetalia striatae, Festuco hystricis-Ononidetia striatae*) [Furze formations of the *Ulici europaei-Genistetum occidentalis* (*Genistion occidentalis, Ononidetalia striatae, Festuco hystricis-Ononidetia striatae*)].
3. Prados de siega ocupando los fondos de las dolinas pertenecientes a la asociación *Lino biennis-Cynosuretum cristati* (*Cynosurion cristati, Molinio-Arrhenatheretea*) [Meadows on doline bottoms belonging to the association *Lino biennis-Cynosuretum cristati* (*Cynosurion cristati, Molinio-Arrhenatheretea*)].
4. Vegetación ornitocoprófila de *Cochlearia danica*, alternando con comunidades de terófitos subnitrófilos sobre suelos poco desarrollados referibles a la asociación *Sagino maritimae-Catapodietum marinae* (*Saginion maritimae*) [Ornithocoprophilous vegetation of *Cochlearia danica*, alternating with therophytic subnitrophilous communities on little developed soils of the association *Sagino maritimae-Catapodietum marinae* (*Saginion maritimae*)].
5. Comunidades de *Sedum album* y *Trifolium scabrum* sobre litosuelos calcáreos [Communities of *Sedum album* and *Trifolium scabrum* on calcareous lithosoils].
6. Comunidades halocasmofíticas de acantilados de rocas calcáreas duras, de la asociación *Crithmo-Limonietum binervosi* (*Crithmo-Armerion, Crithmo-Armerion, Crithmo-Limonietalia*) [Halochasmophytic communities of the hard calcareous rock cliffs belonging to the association *Crithmo-Limonietum binervosi* (*Crithmo-Armerion, Crithmo-Armerion, Crithmo-Limonietalia*)].
7. Pastizales densos halófilos de las zonas más protegidas de los acantilados de calizas duras pertenecientes a la asociación *Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosae* (*Sileno-Festucenion pruinosae, Crithmo-Armerion, Crithmo-Limonietalia*) [Dense halophilous pastures of the most protected zones of the hard limestone cliffs belonging to the association *Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosae* (*Sileno-Festucenion pruinosae, Crithmo-Armerion, Crithmo-Limonietalia*)].
8. Comunidades halocasmofíticas con nitrificación ornitocoprógena de la *Crithmo maritimi-Brassicetum oleraceae* (*Crithmo-Armerion, Crithmo-Armerion, Crithmo-Limonietalia*) [Halochasmophytic communities with ornithophilous nitrification of the *Crithmo maritimi-Brassicetum oleraceae* (*Crithmo-Armerion, Crithmo-Armerion, Crithmo-Limonietalia*)].

Figura 2.17

Ejemplo de acantilados verticales con ladera invertida sobre materiales calizos. Cabo San Emeterio, Pimiango, Ribadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.

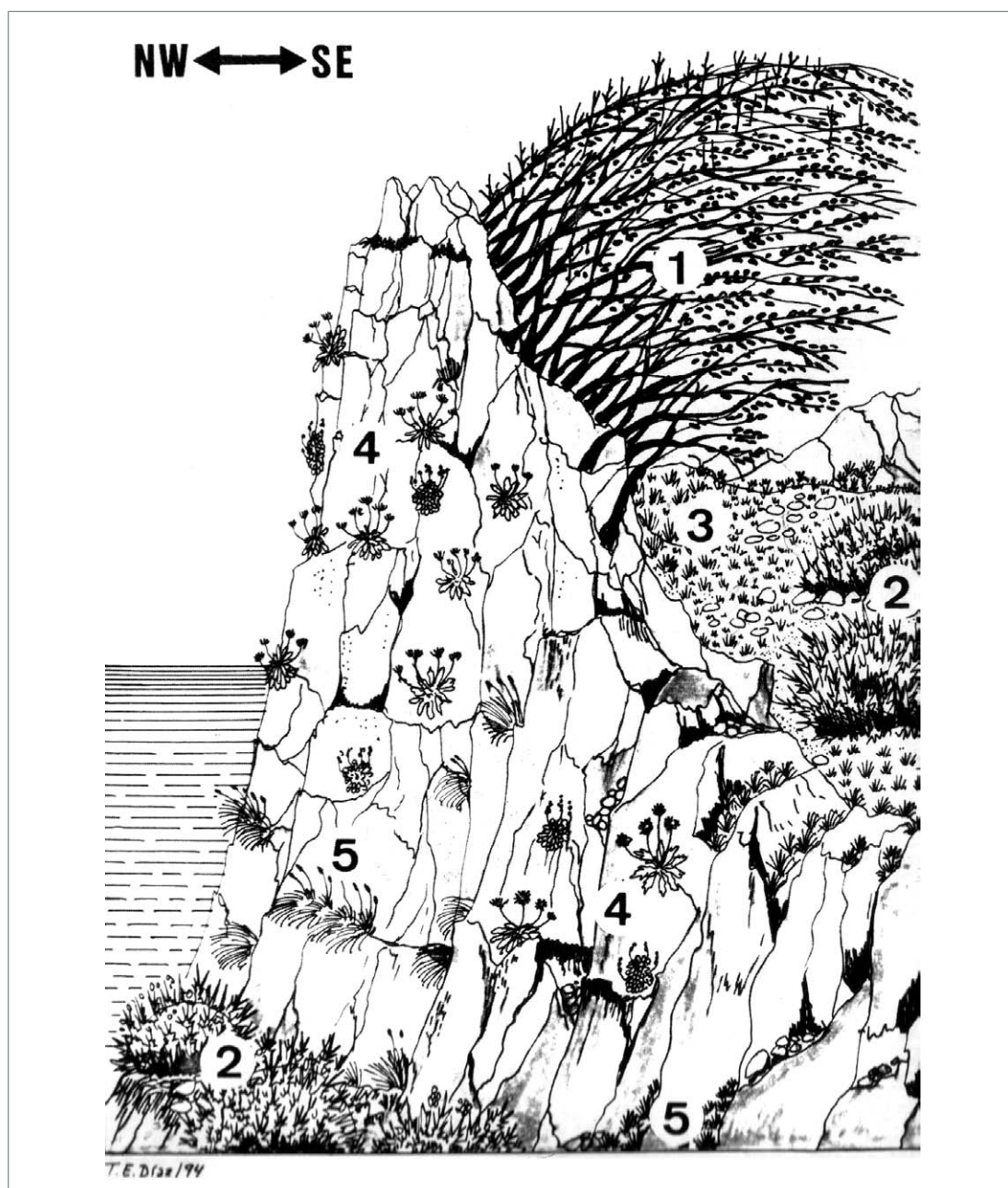


Figura 2.18

Ejemplo de acantilados verticales sobre materiales calizos. Cabo San Emeterio, Pimiango, Rivadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotánica*.

Localidad [Locality]: Cabo San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias) [Cape San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias)]

Altitud [Altitude]: 30 m.

Fecha [Date]: 23 de Junio de 1994 [June the 23rd 1994].

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Ovetense (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro Atlántica) [Ovetense subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior [Thermocolinous, lower humid].

Litología [Lithology]: Calizas [Limestones].

1. Acebuchales de la *Lithodoro diffusae-Oleetum europaeae* (*Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*, *Quercetea ilicis*), en estaciones protegidas de los vientos del noroeste [Wild olive formations of the *Lithodoro diffusae-Oleetum europaeae* (*Pistacio lentisci-Rhamnetalia alaterni*, *Quercetea ilicis*), in places protected from the northwest winds].
2. Aulagares de la *Ulici europaei-Genistetum occidentalis* (*Genistion occidentalis*, *Ononidetalia striatae*, *Festuco hystrixis-Ononidetea striatae*) [Furze formations of the *Ulici europaei-Genistetum occidentalis* (*Genistion occidentalis*, *Ononidetalia striatae*, *Festuco hystrixis-Ononidetea striatae*)].
3. Comunidades de *Sedum album* y *Trifolium scabrum* sobre litosuelos calcáreos, en los claros de los pastizales vivaces de la *Festuco-Brometea* [Communities of *Sedum album* and *Trifolium scabrum* on calcareous lithosols in clearings of the perennial pastures of the *Festuco-Brometea*].
4. Comunidades casmofíticas de los roquedos calcáreos ovetenses y ubiñenses-picoeuropeos de la *Crepido asturicae-Campanuletum legionensis* (*Drabo-Saxifragion trifurcatae*, *Saxifragion trifurcato-caniculatae*, *Potentilletalia caulescentis*, *Asplenietea trichomanis*) [Chasmophytic communities of the calcareous ovetense and ubiñense-picoeuropean rocks of the *Crepido asturicae-Campanuletum legionensis* (*Drabo-Saxifragion trifurcatae*, *Saxifragion trifurcato-caniculatae*, *Potentilletalia caulescentis*, *Asplenietea trichomanis*)].
5. Pastizales de *Sesleria albicans*, *Primula veris* subsp. *columnae* y *Carex humilis* (*Seslerietalia*) [Pastures of *Sesleria albicans*, *Primula veris* subsp. *columnae* and *Carex humilis* (*Seslerietalia*)].

Figura 2.19

Ejemplo de acantilados verticales sobre materiales calizos. Cabo San Emeterio, Pimiango, Ribadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.



Figura 2.20

Ejemplo de acantilados verticales con vertiente invertida sobre materiales calizos. Cabo San Emetero, Pimiango, Rivadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotánica*.

FICHA/CARD 26

Localidad [Locality]: Cabo San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias) [Cape San Emeterio, Pimiango (Ribadedeva, Asturias)].

Altitud [Altitude]: 30 m.

Fecha [Date]: 23 de Junio de 1994 [June the 23rd 1994].

Biogeografía [Biogeography]: Subsector Ovetense (Sector Galaico-Asturiano, Provincia Cántabro Atlántica) [Ovetense subsector (Galaic-Asturian sector, Cantabrous Atlantic province)].

Piso bioclimático [Bioclimatic belt]: Termocolino, húmedo inferior [Thermocolinous, lower humid].

Litología [Lithology]: Calizas [Limestones].

1. Comunidades halocasmofíticas de acantilados de rocas calcáreas duras, de la asociación *Crithmo-Limonietum binervosi* (*Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*) [Halochasmophytic communities of the hard calcareous rock cliffs, of the association *Crithmo-Limonietum binervosi* (*Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*)].
2. Pastizales densos halófilos de las zonas más protegidas de los acantilados de calizas duras pertenecientes a la asociación *Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosae* (*Sileno-Festucenion pruinosae*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*) [Dense halophilous pastures of the most protected zones of the hard limestone cliffs belonging to the association *Leucanthemo crassifolii-Festucetum pruinosae* (*Sileno-Festucenion pruinosae*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*)].
3. Comunidades halocasmofíticas con nitrificación ornitocoprógena de la *Crithmo maritimi-Brassicetum oleraceae* (*Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*) [Halochasmophytic communities with ornithophilous nitrification of the *Crithmo maritimi-Brassicetum oleraceae* (*Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Armerion*, *Crithmo-Limonietalia*)].
4. Laureales calcícolas sin encinas de la asociación *Hedero heliis-Lauretum nobilis* (*Pistacio lentisci-Rhamneta-lia alaterni*, *Quercetea ilicis*) [Laurel formations without evergreen oaks of the association *Hedero heliis-Lauretum nobilis* (*Pistacio lentisci-Rhamneta-lia alaterni*, *Quercetea ilicis*)].
5. Pastizales de *Sesleria albicans*, *Primula veris* subsp. *columnae* y *Carex humilis* (*Seslerietalia*) [Pastures of *Sesleria albicans*, *Primula veris* subsp. *columnae* and *Carex humilis* (*Seslerietalia*)].
6. Aulagares de la *Ulici europaei-Genistetum occidentalis* (*Genistion occidentalis*, *Ononidetalia striatae*, *Festuco hystricis-Ononidetea striatae*) [Furze formations of the *Ulici europaei-Genistetum occidentalis* (*Genistion occidentalis*, *Ononidetalia striatae*, *Festuco hystricis-Ononidetea striatae*)].
7. Encinares colinos cántabro-euskaldunes y ovetenses de la *Lauro nobilis-Quercetum ilicis* (*Quercion ilicis*, *Quercetea ilicis*) [Colinous cantabrous-euskaldun and ovetense evergreen oak forests of the *Lauro nobilis-Quercetum ilicis* (*Quercion ilicis*, *Quercetea ilicis*)].

Figura 2.21

Ejemplo de acantilados verticales con vertiente invertida sobre materiales calizos. Cabo San Emeterio, Pimiango, Ribadedeva, Asturias.

Extraído de Díaz González & Fernández Prieto (1994): *Itinera Geobotanica*.

La distribución de la fauna en el sistema litoral silíceo mantiene, a pesar de las diferencias regionales y de otros factores como las condiciones ambientales y las relaciones interespecíficas, unos rasgos comunes a lo largo de la provincia lusitánica, que se extiende desde el suroeste de Inglaterra hasta el archipiélago de las islas de Cabo Verde siendo, muchos grupos de la epifauna sedentaria, idénticos en la costa norte de Portugal, en Galicia, en la Bretaña francesa o en Cornualles (Faria, 2001). Según este autor, la profundidad con-

diciona notablemente la fauna bentónica. En el caso de la costa rocosa, los grupos de animales son numerosos, existiendo algunos que incluso perforan rocas o conchas de moluscos a través de procesos mecánicos o químicos. El principal condicionante de esta fauna en costa rocosa reside en la profundidad, pero a ello debemos unir, en el tipo de hábitat que nos ocupa, la cantidad de luz, también en relación con la profundidad. También es necesario apuntar la importancia de la agitación de la lámina de agua, las variaciones del

efecto del oleaje sobre el tipo de hábitat y las diferencias de temperatura, el rango y ritmo mareal, factores que están igualmente relacionados con la profundidad de la lámina de agua o traen en consecuencia el régimen temporal de la misma.

El interesante trabajo de Faria, H., 2001, sintetiza muy bien el doblamiento de los diferentes niveles, que él ejemplifica en el Alto Miño portugués, pero que sería trasladable a diversos substratos silíceos del noroeste peninsular.

Zonas	Caracterização	Organismos
Supralitoral	Estende-se por cima do limite superior das marés, estando sujeita apenas, a imersões esporádicas, nas marés vivas e à acção dos salpicos marinhos.	Líquens, alguns artrópodes tais como insectos (<i>Lipura maritima</i> e <i>Petrobius maritimus</i>), miriápodos (<i>Stigmara maritima</i>), pseudoescorpiões (<i>Neobisium maritimum</i>), crustáceos isópodos (<i>Ligia oceanica</i>) e incluso moluscos gastrópodos (<i>Littorina neritoides</i>).
Intermareal	Sujeita à acção cíclica das marés, é composta por três níveis, susceptíveis de subdivisão, atendendo ao coberto vegetal, dependendo a extensão da zona, da inclinação e grau de exposição da costa. A fauna é constituída por organismos capazes de suportar não só os períodos de imersão e emersão, assim como as variações de temperatura, diárias e sazonais, e as flutuações de salinidade, decorrentes das chuvas, evaporação e do contributo das águas continentais.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nível Superior – Neste nível, os animais podem viver durante algum tempo fora de água, existindo diferentes espécies de gastrópodos (<i>Littorina saxatilis</i>) e cirrípodos (<i>Chthamalus</i> sp.). 2. Nível Médio – Surgem amplas manchas de mexilhões (<i>Mytilus galloprovincialis</i>), sob a forma de cinturas, Algas (<i>Fucus</i> sp.) e uma importante fauna associada, integrada por cirrípodos, moluscos gastrópodos, cnidários (<i>Anemonia viridis</i> e <i>Actinia equina</i>), poliquetes (<i>Sabellaria alveolata</i>, <i>Eulalia viridis</i>), briozoários, etc. 3. Nível Inferior – Apresenta maior estabilidade e como tal, uma maior diversidade, tanto animal como vegetal, relativamente aos outros níveis, destacando-se a presença de poríferos, equinodermes e ascídias.
Infralitoral	Zona agitada com variações de temperatura diárias e sazonais, por vezes muito bruscas, que condicionam o estabelecimento e desenvolvimento das comunidades animais. Sempre submersa, nesta zona estão presentes os organismos, cuja subsistência exige uma imersão continuada. O limite inferior situa-se no nível em que desaparecem as Fanelógamas marinhas e as algas fotófilas, ou seja entre os 20 e 25 metros de profundidade, na costa do noroeste peninsular.	As grandes algas pardas do género <i>Laminaria</i> , originam um importante coberto até aos 15 m de profundidade, desaparecendo entre os 20-25 m. A luz e o hidrodinamismo limitam a distribuição das comunidades animais, sendo constituídas por elementos idênticos aos dos grupos da zona intermareal. As Esponjas e Antozoos preferem lugares escuros, os hidrozoários e briozoários, menos sensíveis à luz, estão mais condicionados pelo hidrodinamismo, salientando-se as espécies características de zonas abrigadas e batidas. A partir dos 15 m de profundidade, aumenta a presença de organismos coloniais, de maior tamanho, tais como hidrozoários dos géneros <i>Nemertesia</i> e <i>Aglaophenia</i> e Antozoários, destacando-se os do género <i>Alcyonium</i> e as gorgonias, estas últimas, sobretudo nas zonas de corrente.
Circularitoral	Estende-se até aos 200 – 250 m de profundidade, bordo da plataforma continental e limite de sobrevivência das espécies de algas mais tolerantes à escassa iluminação. É uma zona relativamente calma com variações sazonais da temperatura, todavia sempre de menor amplitude que as da zona infralitoral.	Desaparecimento das Laminarias, predomínio das comunidades animais sobre as vegetais, que por vezes podem, mesmo, estar ausentes. Como característica importante assinala-se o aparecimento dos Braquiópodos e um aumento das povoações de organismos sedentários (esponjas, cnidários e briozoários). A partir dos 35-40 m de profundidade surgem os denominados fundos de corais (género <i>Dendrophyllia</i>), que servem de substrato a numerosos animais.

Figura 2.22

Sistema litoral ou fital do Alto Minho.
 Datos extraídos de Faria, 2001.

Además de estas síntesis, el propio Faria comenta la frecuencia en la zona intermareal de diferentes especies de gasterópodos (géneros *Littorina*, *Monodonta* y *Gibbula*), las lapas o patelas (*Patella* sp.), los mejillones de las especies *Mytilus galloprovincialis* y *Mytilus edulis*, que son la base alimenticia del gasterópodo *Nucella lapillos* que vive sobre estos bivalvos. Están ampliamente difundidas diversas especies de crustáceos cirrípedos de los géneros *Chthamalus* y *Balanus*, como el *Balanus perforatus*, que establece grandes manchas poblacionales sobre rocas y conchas de moluscos. También es posible encontrar, en zonas muy batidas, el percebebe, *Pollicipes cornucopia*. Bajo las piedras, en pozas y en otro tipo de refugios, aparecen diferentes especies de crustáceos

decápodos como *Pachygrapsus marmoratus*, *Carnicus maeanas*, *Necora puber*, *Cancer pagurus*, *Maja squinado*, *Polybius henslowi* o *Palaemon serratus*.

En el nivel inferior del intermareal abundan los equinodermos, como los erizos de mar (*Paracentrotus lividus* y *Psammechinus miliaris*), estrellas de mar (*Asterias rubbens*, *Asterina gibbosa*, *Marthasterias glacialis*), ofiuras y ascidias solitarias o de colonia.

Centrándonos bastante en el epígrafe que da nombre a este apartado, Otero, Comesaña & Castro (2002), relacionan bien factores y procesos y la ocupación biológica de las costas rocosas atlánticas. Centran el discurso en el alcance mareal para esta-

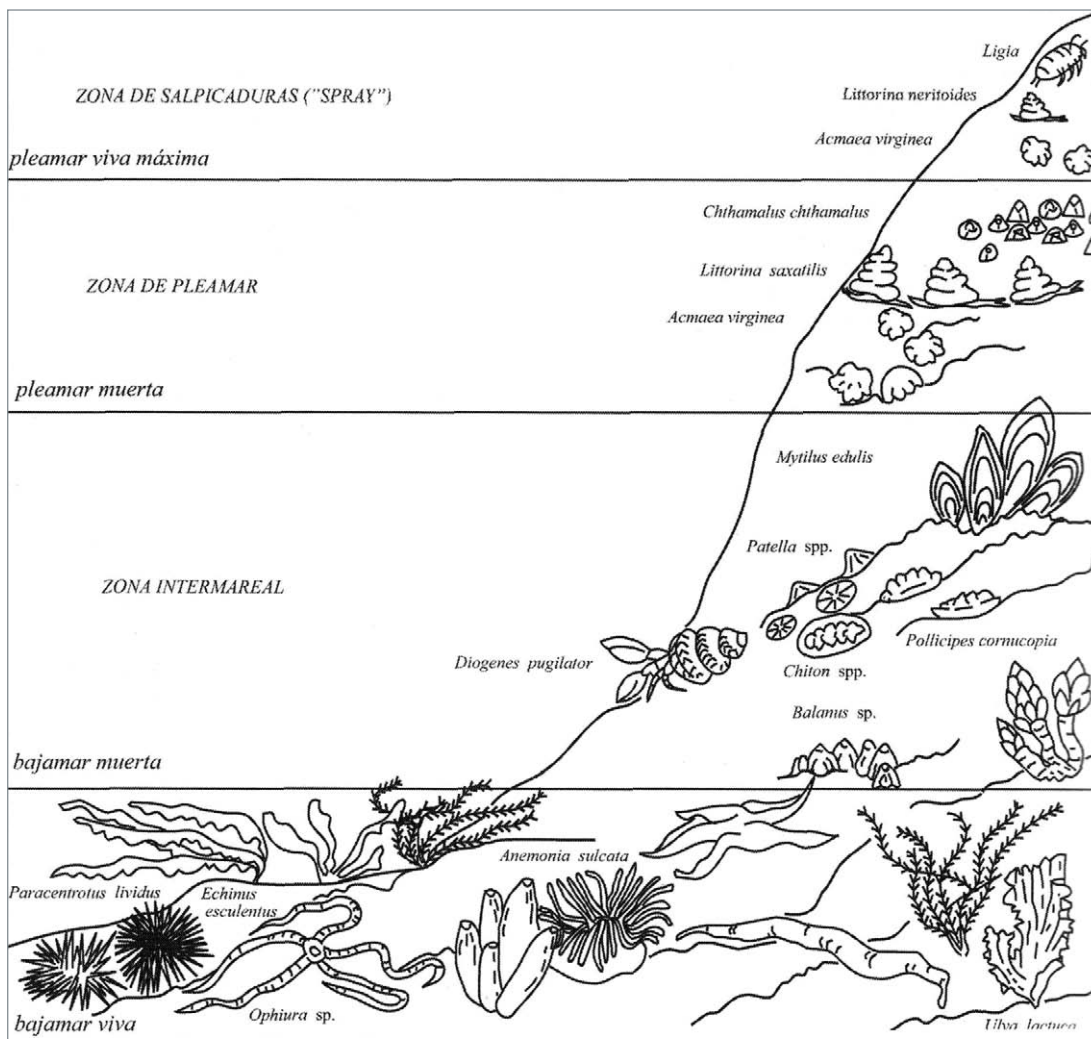


Figura 2.23

Zonación zoológica de las costas rocosas en función del alcance marino. Datos obtenidos de Flor, 2005, p. 342, a su vez extraído de Thurman, 1997.

blecer zonas aportando diversos factores que influyen en la zonación de los seres vivos:

- **Supralitoral:** por encima de las pleamares de las mareas vivas, nunca queda cubierta por el agua aunque se ve afectada por las salpicaduras. Su extensión es mayor en las costas expuestas, pues las salpicaduras tienen una mayor proyección continental. Además, la acción de los agentes atmosféricos, como el viento y la lluvia, no se limita a las bajamares sino que trabaja continuamente. Al ser frontera entre los ecosistemas marino y terrestre, es posible encontrar especies de ambos. En las costas rocosas abundan los líquenes y los balanos. Se trata de una zona muy uniforme que sólo varía con el tipo de sustrato.
- **Litoral:** es la franja de costa comprendida entre los límites superior e inferior de la marea. La desecación constituye un gran estrés biológico, algo que funciona extraordinariamente sobre algunos organismos como las algas, que necesitan inmersión diaria para su correcto funcionamiento. La principal influencia de la marea hídrica sobre los seres vivos viene impuesta, además de por ese ciclo de humectación-desecación, por los niveles

salinos que impone a los seres vivos. Según el grado de salinidad se pueden establecer tres niveles:

- **Litoral superior:** que es el que permanece más tiempo al descubierto de la lámina de agua y es donde van a influir principalmente los cambios en la salinidad y la temperatura. Debido a la dureza del medio, abundan líquenes y balanos, y en lo que se refiere a las algas, abundan las bandas de ulváceas, ya que son capaces de desarrollar ciclos cortos y rápidos para desarrollarse, aprovechando por competencia este medio desfavorable para sobrevivir.
- **Litoral medio:** ocupa la mayor parte del rango intermareal y es especialmente extenso en costas con muy poca pendiente. La diversidad de organismos es mucho mayor al de las zonas que acabamos de presentar, estando la zonación biológica determinada por abundantes animales herbívoros, como las lapas, erizos y bígamos. La acción de estos animales regula el desarrollo de las distintas comunidades de algas en medio rocoso. La diversificación biológica es muy alta y varía en función de las localidades, los sustratos o la exposición. En las costas más expuestas dominan *Lithophyllum*, *Mytilus* y *Balanus*. En

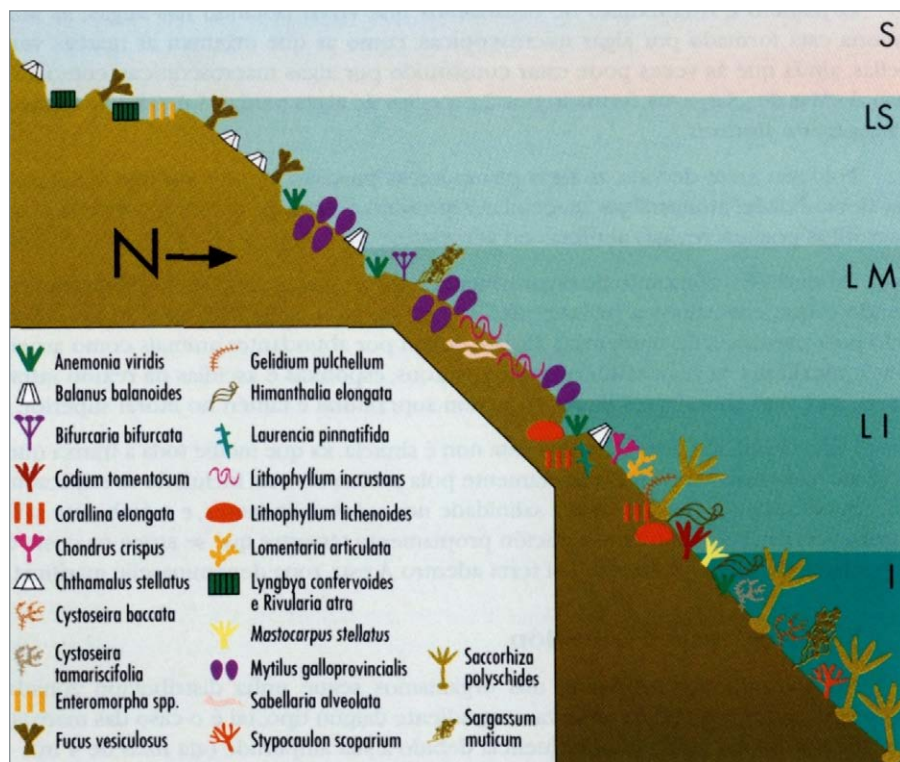


Figura 2.24

Perfil de costa.
Extraído de Otero, J.; Comesaña, P.; Castro, M. (2002): *Guía das microalgas de Galicia*.

las más protegidas dominan las fucáceas, mientras que, en general, en el litoral medio dominan las algas pardas, sobre todo en costas semiexpuestas y protegidas.

- *Litoral inferior*: es el sector litoral menos afectado por los cambios en los factores físicos. Permanece poco tiempo fuera del agua y sólo con tiempo en calma; las algas sufren la acción directa de esas variables físicas. En las costas expuestas apenas se produce emersión real de este ambiente. Es el sector con mayor biodiversidad, en donde se unen las especies del infralitoral, especialmente en grietas, pozas y viseras, con gran cantidad de algas rojas que compiten entre sí en un doblamiento poco asociable a cinturas.

- **Infralitoral**: sólo es posible observar su parte superior en bajamares vivas y tiempo en calma. Dominado por bosques de algas pardas del orden *Laminariales*, entre los que viven numerosos seres vivos. Con los talos cubiertos por otras algas, como las pardas filamentosas de la familia *Ectocarpaceae*, en el pie de las mismas aparece aún mayor diversidad y en los rizoides se forma

un verdadero entramado compuesto de algas en el exterior y animales en el interior, constituyendo así la franja con mayor biodiversidad del medio marino.

2.5.4. Especies características/diagnósticas

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies características y diagnósticas aportado por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

2.6. ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies incluidas en los anexos II, IV y V de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) aportado por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP) y por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM).



3. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

3.1. DETERMINACIÓN Y SEGUIMIENTO DE LA SUPERFICIE OCUPADA

La especial disposición de este tipo de hábitat, en una estrecha franja próxima al mar ampliable hasta las primeras elevaciones costeras, en función de la afectación salina del spray marino, condiciona el desarrollo de este apartado. Entendiendo el dinamismo del acantilado como parte integrante de su naturaleza, la distribución de los diferentes cinturones de vegetación y de las distintas comunidades vegetales y animales puede variar, sin que ello denote la degradación del mismo sino simplemente una evolución de la geoforma con incidencia en su biota. Las variaciones en la superficie ocupada son, por lo tanto, muy escasas, salvo que nos centremos en la superficie ocupada por el tipo de hábitat en buen estado de salud. En este caso, sí que pueden aparecer cambios significativos. Lo que sí parece interesante estudiar es, por un lado, la distribución del tipo de hábitat a gran detalle y la ampliación de la superficie hasta ahora presentada en estudios similares anteriores, pues ésta puede estar infravalorada; por otro lado, resulta de extraordinario interés realizar estudios sobre la posición de estos acantilados como indicador de tasas de retroceso, algo que tiene vital importancia en campos como la ordenación del territorio.

En el caso que se nos presenta, subyugamos el seguimiento de la superficie ocupada por los acantilados al seguimiento de su estado de salud y de su posición o retroceso.

La determinación, a nivel de detalle, de la posición de los escarpes costeros sólo puede partir de una fotointerpretación y cartografía a este nivel que indique el alcance continental y longitudinal de los acantilados en la costa atlántica española. El seguimiento de esa superficie debe basarse en un estado inicial, que debe partir del uso de vuelos fotográficos antiguos. Por lo tanto, es necesario conocer el estado de la cuestión en esa fecha inicial, para luego ir comparando en fechas sucesivas.

Resulta de notable interés georreferenciar las fotografías aéreas y tratarlas con un programa SIG de tipo vectorial, como Geomedia o ArcGis, puesto que los posteriores tratamientos con vuelos más modernos facilitarán rápidos resultados evolutivos y un seguimiento más cómodo.

Existen numerosos ejemplos de este tipo de métodos, tanto para costas rocosas como sedimentarias. Algunas de estas referencias son anotadas por Garrote & Garzón (2004), confirmando el interés de estos métodos de comparación fotográfica en diferentes geoformas costeras: para el estudio del retroceso de la línea de costa, Gibb, 1978, Dolan *et al.*, 1982, Anders & Byrnes, 1992, Thieler & Danforth, 1992, Norcross *et al.*, 2002, Lorenzo *et al.*, 2003; en el análisis de frentes dunares, Vasseur & Hequette, 2000; o en la evolución del delta del Ebro, Jiménez *et al.*, 1997. Para los frentes acantilados se pueden poner algunos ejemplos en la costa española, como Balaguer, Fornòs & Gómez-Pujol, 2008, en los acantilados de las bahías de Alcudia y Pollensa, Baleares; en parte, los propios Garrote & Garzón, 2004 para los acantilados de la playa de Oyambre, Cantabria; o del Río & Gracia, 2007 y 2008, para la costa atlántica de la provincia de Cádiz.

El método desarrollado por estos últimos en el año 2007, presentado en la revista *Cuaternario y Geomorfología de la SEG* n° 21, parece un buen ejemplo aplicable a acantilados atlánticos de toda la península. Lo explican de esta manera:

“El retroceso reciente de la línea de costa fue determinado mediante la realización de medidas esteoscópicas sobre 54 fotografías aéreas escaneadas procedentes de diferentes vuelos fotogramétricos, comprendidos entre los años 1956 y 2002, a escalas entre 1:18.000 y 1:33.000. La utilización del SIG ArcView™ (©ESRI) permitió la georreferenciación de los fotogramas y la posterior digitalización de la posición del borde del acantilado, así como el cálculo de las tasas de variación entre las líneas de cos-

ta resultantes (Thieler *et al.*, 2003). Asimismo, para cada fotografía, se estimó el error inherente a las medidas efectuadas, con el fin de dar un marco adecuado a las tasas de erosión calculadas anteriormente. Para ello, se combinaron las metodologías propuestas por Anders & Byrnes (1991) y Zviely & Klein (2004) para diferentes tipos de error, resultando la expresión siguiente:

$$E = (G + I + D)/n^{1/2}$$

En cada fotografía, G representa el error resultante del proceso de georreferenciación, determinado a partir del error cuadrático medio del proceso (RMSE); I representa el posible error en la identificación de la posición del borde del acantilado, dependiente del tamaño del píxel de la imagen resultante; n es el número de puntos de control empleados en el proceso de georreferenciación; y D representa el error por desplazamiento de los objetos debido al relieve, especialmente importante en el caso de zonas de gran altura, como algunos acantilados de la provincia. El cálculo de D se llevó a cabo mediante la expresión (Anders & Byrnes, 1991):

$$D = rhS/H$$

Para la zona de estudio, r es la distancia del borde del acantilado al punto central de la fotografía, h es la altura del acantilado, S es la escala de la imagen y H la altura de vuelo a la que se tomó la fotografía; en cada variable se emplearon valores medios, por lo que los cálculos del error fueron únicamente estimativos”.

3.2. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

En el anexo 1 de la presente ficha se incluye un listado adicional de las especies típicas y su evaluación aportado por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

3.3. EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA Y FUNCIÓN

La evaluación de la estructura y la función de los acantilados como tipo de hábitat de interés comunitario se debe basar en una multiplicidad de factores.

Los estudios sobre el funcionamiento de los acantilados se han centrado, como en el caso de los ambientes costeros sedimentarios próximos a las poblaciones, en los estudios técnicos de ingeniería, puesto que su conocimiento influye en la construcción de infraestructuras portuarias o viarias alrededor de estas ciudades. Otra vertiente que ha llevado a analizar profundamente los diferentes tipos de acantilados ha sido la restauración de los mismos, en busca de su estabilización para la protección de patrimonio en sus techos o franjas costeras próximas. La mayor parte de los estudios anotan sus ratios de retroceso, los factores humanos o naturales que los hacen evolucionar o su implicación en la estabilidad de otras geformas costeras, mientras su función ecológica o su información paleoambiental se ha tocado sólo esporádicamente o mediante estudios profundos en lugares muy concretos. Por ejemplo, el Grupo de Investigaciones Xeomorfológicas e Ambientais de la Universidade de Santiago de Compostela ha realizado análisis de datación en los acantilados modelados en depósitos fríos cuaternarios de toda la costa gallega, desarrollando una construcción paleoclimática de la costa galaica, que ha ayudado a comprender mejor los cambios ambientales de la época glaciario del Würm y el posterior y presente interglaciario. Otros grupos, como el del laboratorio Geolittomer-Brest, bajo la dirección de Jean-Claude Bodéré, han desarrollado proyectos en costa de gran diversidad morfológica y biogeográfica, como las costas francesas de Bretaña o Normandía y la inglesa Cornualles, analizando el impacto de las aguas continentales en la evolución de los propios acantilados. Científicos de la Universidad de la Bretaña occidental se han centrado también en la evolución de los acantilados a partir de las interferencias realizadas por el ser humano, siempre desde una perspectiva más científica que técnica.

Es decir, que existen numerosas motivaciones en el estudio de los acantilados, pero éstas, habitualmente, no se han centrado en el análisis de la estructura y la función ecológica, por lo que el presente apartado se centra en la recopilación indirecta de numerosas variables que influyen en la evolución de los acantilados y condicionan, por lo tanto, su función ecológica y su composición biogeográfica.

3.3.1. Factores, variables y/o índices

Los diversos factores que nos permiten conocer la estructura y la función de los acantilados atlánticos

en nuestro país, son tan diversos que es necesario acercarse a ellos con un cierto orden. Lo más natural es centrarse en los factores biofísicos de control y enfrentarlos y analizarlos en base a las exigencias ecológicas. Ello es lo que se realizará en este apartado, haciendo hincapié en las variables principales. A la vez, se anotarán esas variables o factores en apartados encabezados por las mismas, y no a partir de los grandes tipos de acantilados ni de sus jerarquías inferiores subtropológicas, puesto que obligaría a repetir en muchos casos los textos y las variables, multiplicando informaciones similares.

Por lo que se refiere al establecimiento de calificativos a los estados de conservación en función del estadio de estos parámetros, no siempre será posible establecer etiquetas a los diagnósticos, como las recomendadas de favorable, desfavorable-inadecuado o desfavorable-malo. En otras ocasiones sí se hará, y en el caso de situaciones en las que estos adjetivos no se adapten como es debido, se realizarán notas aclaratorias. Ya que los acantilados evolucionan, tanto por procesos continentales como marinos, e incluso humanos, no se otorgarán pesos diferenciales a ninguna de las categorías generales de factores, es decir alguna de estas tres. Si tenemos en cuenta que estas formas son erosivas y tienden a evolucionar con cierta rapidez, será difícil establecer como favorable o desfavorable algunos factores que, si bien pueden significar la degradación momentánea del propio acantilado, son parte del dinamismo natural del mismo y de la frecuente renovación vegetal y animal que caracteriza este ambiente. Es decir, por ejemplo, que si bien una mayor frecuencia de temporales puede provocar numerosos desprendimientos y deslizamientos en los frentes acantilados, eliminando la cobertura vegetal, la propia evolución natural del acantilado derivará en una nueva recolonización más adaptada a las características ambientales nuevas.

Sí se verán como negativas las influencias humanas a nivel biogeográfico o geomorfológico, pues constituyen una ingerencia en los procesos naturales que conforman y dan funcionalidad ecológica a los acantilados.

Dividiremos las variables que nos ayuden a establecer el estado de la estructura y la función de los acantilados en tres grandes grupos de factores, los abióticos, los biogeográficos y los de influencia humana. A su vez, éstos se subdividirán en 16 grupos

que contienen los 38 factores / variables / índices a analizar:

A) Factores abióticos

A.1) Geográficos:

- A.1.1) Distribución espacial.
- A.1.2) Orientación de los frentes acantilados.
- A.1.3) Morfología e intensidad lumínica.

A.2) Morfología intrínseca:

- A.2.1) Forma y tipo de acantilado.
- A.2.2) Dinámica de los acantilados.
- A.2.3) Potencia del acantilado.

A.3) Morfología de geoformas contenidas por el retroceso diferencial de acantilados:

- A.3.1) Aparición de cuevas, arcos farallones, islotes y corredores estrechos.

A.4) Litología:

- A.4.1) Tipo de roca.
- A.4.2) Estado de meteorización del sustrato.
- A.4.3) Potencial de karstificación.

A.5) Estructura:

- A.5.1) Patrón de fractura.
- A.5.2) Historia geológica del sustrato.
- A.5.3) Índice de recorte costero.

A.6) Variables marinas:

- A.6.1) Cambios relativos en el nivel del mar.
- A.6.2) Parámetro mareal.
- A.6.3) Parámetro oleaje.
- A.6.4) Parámetro salinidad.

A.7) Hidrología:

- A.7.1) Régimen hidrológico.
- A.7.2) Tipo de escorrentía.

B) Factores biogeográficos

B.1) De composición:

- B.1.1) Biodiversidad.
- B.1.2) Composición florística y de la fauna.
- B.1.3) Grado de naturalidad de la vegetación.

- B.1.4) Presencia de especies indicadoras de calidad ambiental.
- B.2) De erosión:
- B.2.1) Bioclastia y bioerosión química.
- C) *Factores de influencia humana*
- C.1) Intensidad de ocupación humana del litoral:
- C.1.1) Usos del suelo.
- C.1.2) Densidad de ocupación.
- C.2) Actividades industriales:
- C.2.1) Ocupación física de las vertientes acantiladas.
- C.2.2) Vertidos industriales.
- C.3) Actividades residenciales:
- C.3.1) Construcciones residenciales.
- C.4) Modificación de los flujos hídricos continentales:
- C.4.1) Modificación de la circulación hídrica superficial.
- C.4.2) Modificación de los acuíferos y de los flujos de agua subsuperficiales.
- C.5) Actividades turísticas:
- C.5.1) Sobre-frecuentación de la base de los acantilados.
- C.5.2) Sobre-frecuentación de los techos de los acantilados.
- C.5.3) Construcciones.
- C.6) Interferencias en los tránsitos sedimentarios litorales:
- C.6.1) Interferencias en la red fluvial.
- C.6.2) Interferencias físicas en línea de costa.
- C.7) Contaminación:
- C.7.1) Polución por hidrocarburos.
- C.7.2) Sustancias químicas.
- C.7.3) Macro-residuos en la costa.
- A) **Factores abióticos**
- A.1) **Geográficos**
- A.1.1) *Distribución espacial*
- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria
- c) Propuesta de métrica: localización de los acantilados costeros a lo largo de las costas peninsulares e insulares de la región natural atlántica. Los trabajos realizados hasta el momento para determinar la distribución de los acantilados infravaloran la verdadera extensión de los mismos. Esto es así debido, en algunos casos, a problemas conceptuales que hemos intentado explicar en los primeros apartados de esta ficha y, en otras ocasiones, derivan de la falta de trabajo de campo que apoye los análisis cartográficos y fotogramétricos. Se trata de uno de los mayores problemas a la hora de abordar el estado de conservación de la estructura y la función de los acantilados y a la hora de ordenar el territorio costero en función de su evolución geomorfológica.
- d) Procedimiento de medición: la fotointerpretación se convertirá en un método de estudio de los acantilados repetido en muchas variables. Su plasmación cartográfica puede realizarse sobre cartografía convencional o, mejor, sobre ortofotografía, para permitir compatibilidades con sistemas de información geográfica que permitan su gestión futura. Se debe generar un SIG sobre los acantilados españoles, del que un apartado será el de los del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas, que permita estudiarlos en profundidad y establecer conclusiones territoriales, de factores y variables, con el objetivo de su correcta conservación y ordenación.
- e) Estado de conservación: la superficie de referencia, muy relacionada con la distribución espacial, se presenta como una variable importante para conocer el estado de progresión o regresión del tipo de hábitat. Con los datos actuales y la dudosa fiabilidad de la cartografía existente, resulta enormemente difícil establecer unos rangos que impliquen una valoración sobre el estado de conservación en función de su extensión. Es, además, una geoforma difícil de medir a escalas inapropiadas (las pequeñas), siendo necesario el trabajo a grandes escalas por la condición lineal de su localización costera. Afrontaremos esta cla-
- Se plantea, en definitiva, una lista de control para establecer el grado de calidad o funcionalidad de los acantilados costeros en los diferentes tramos de costa que los contienen.

sificación desde la perspectiva de la fragmentación ecológica y de la importancia de conservar tramos acantilados de gran extensión para la salud del tipo de hábitat y adecuado funcionamiento de estructura y función con el correcto desarrollo de los lazos sistémicos entre sus componentes abióticos y bióticos.

- *Tramos acantilados de varios kilómetros ininterrumpidos* (Muy Favorable): si no existen influencias antrópicas muy negativas, se conservan los mejores ecosistemas de acantilados de la costa.
- *Tramos acantilados de varios kilómetros en los que dominan los acantilados, pero con interrupciones por complejos sedimentarios* (Favorable): suelen aparecer interesantes ejemplos ecosistémicos y los lazos interespecíficos, dentro del sistema natural, se mantienen a pesar de los espacios sedimentarios intermedios.
- *Tramos costeros con acantilados pero con predominio de las costas sedimentarias* (Desfavorable): el hábitat se encuentra fragmentado y el desarrollo del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas, puede no alcanzar su plenitud en muchos de los fragmentos.
- *Tramos costeros en los que los acantilados son testimoniales y se desarrollan complejos sedimentarios extensos* (Malo): la fragmentación ecológica del tipo de hábitat hace peligrar su funcionalidad. El poder de intercambio de especies con otros fragmentos está muy limitado.

A.1.2) Orientación de los frentes acantilados

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: recomendable.

La orientación de los frentes acantilados puede resultar en una mayor eficiencia erosiva de los oleajes. En efecto, se ha constatado la importancia de la orientación de los tramos de costa, no sólo ante el factor erosivo del oleaje, sino también ante problemas como los de contaminación costera por macrorresiduos, Yoni, C., 1998, o hidrocarburos, López Bedoya & Pérez Alberti, 2004 y 2008. Así pues, los acantilados que en cada tramo costero estén orientados en la dirección de los oleajes más energéticos, o más frecuentes, pueden sufrir evoluciones más intensas que aquellos a los que el oleaje llega difractado, de manera indirecta.

- c) Propuesta de métrica: correlación entre la orientación de los tramos acantilados y las rosas de viento y oleaje existentes en los diferentes tramos de costa. Así se obtiene un índice de sensibilidad de acantilados a los oleajes costeros, lo que puede determinar su evolución futura, su durabilidad y el tipo de comunidades y de coberturas de seres vivos que habitan en ellos.
- d) Procedimiento de medición: la información ofrecida por Puertos del Estado, tanto de boyas costeras como de profundidad, debe ser fundamental, aunque en costas complejas y muy recortadas es necesario estudiar la transformación de los patrones del oleaje en las proximidades de la costa. La dirección efectiva de los acantilados puede ser tomada mediante el uso de aparatos analógicos tradicionales, como una brújula, o bien mediante el uso de técnicas de fotointerpretación. De la misma manera, la orientación general del tramo costero y las orientaciones parciales de los subtramos internos se deben realizar a partir de ortofotos o cartografía georreferenciada.
- e) Estado de conservación: en función de lo anotado, podemos establecer una clasificación de sensibilidad en acantilados según su orientación que nos aportará los diferentes niveles de "Estado de Conservación":

- *Acantilados y subtramos de costa orientados a las direcciones más efectivas del oleaje:*

- Desfavorable: en el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.
- Malo: en el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.

- *Acantilados orientados a las direcciones más efectivas del oleaje en subtramos costeros con otras orientaciones:*

- Favorable/Desfavorable: en el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.
- Muy desfavorable: en el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.

- *Acantilados no orientados en las direcciones más efectivas del oleaje en subtramos costeros sí orientados en esas direcciones:*

- Favorable/Desfavorable: en el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.

- Desfavorable: en el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.
- *Acantilados y subtramos costeros no orientados en las direcciones más efectivas del oleaje:*
 - Favorable: en el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.
 - Muy Favorable: en el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.

A.1.3) Morfología e intensidad lumínica

- a) Tipo: característica funcional / estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
Se trata de un factor muy importante a nivel biótico. La luz y la temperatura son consideradas conjuntamente como factores energéticos (Ferreiras Chasco, en Meaza (dir.), (2000), pues, por ejemplo, para los vegetales, son fundamentales en la fotosíntesis y de ellos dependen también la floración y la fructificación. Son los determinantes primarios del crecimiento y la vida de los vegetales y rigen los caracteres fenológicos de los mismos (*op. cit.*).
- c) Propuesta de métrica: se propone el estudio de la luz en las paredes acantiladas y su influencia en las comunidades vegetales y animales.
- d) Procedimiento de medición: parece interesante la realización de una cartografía de isocandelas de algunas paredes rocosas en diferentes orientaciones en diversos tramos acantilados y correlacionarla con la distribución de las comunidades de seres vivos que habitan en esas localizaciones. Las mediciones se podrían realizar con un luxómetro y deberían llevarse a cabo sobre los distintos tipos de acantilados existentes en el tipo de hábitat.
- e) Estado de conservación: presentaremos la clasificación en las comunidades que necesitan altas frecuencias de insolación para su desarrollo en los acantilados. Para las comunidades y especies que compiten por la sombra, la valoración sería inversa.
En función de la posición latitudinal que este tipo de hábitat desarrolla en la cornisa cantábrica y el noroeste de la Península, además de los sectores del suroeste andaluz, realizaremos una clasificación basada en la orientación geográfica y también en función de los tipos de pared y formas menores contenidas:

- *Paredes convexas orientadas hacia el sur* (Muy favorable): se dan las mejores condiciones lumínicas.
- *Paredes verticales o cuasiverticales orientadas hacia el sur* (Favorable): existe una cierta deficiencia lumínica, pero es soportable por los seres vivos heliófilos.
- *Paredes en extraplomo orientadas hacia el sur* (Favorable/Desfavorable): existe una deficiencia de luz que ya condiciona sensiblemente la distribución de los taxones heliófilos.
- *Paredes convexas orientadas hacia este u oeste* (Favorable): existe una cierta deficiencia lumínica, pero es soportable por los seres vivos heliófilos.
- *Paredes verticales o cuasiverticales orientadas hacia este u oeste* (Favorable/Desfavorable): existe una deficiencia de luz que ya condiciona sensiblemente la distribución de los taxones heliófilos.
- *Paredes en extraplomo orientadas hacia este u oeste* (Muy desfavorable): empiezan a dominar las especies esciófilas frente a las heliófilas.
- *Paredes convexas orientadas hacia el norte* (Favorable/Desfavorable): existe una cierta deficiencia lumínica, pero es soportable por los seres vivos heliófilos
- *Paredes verticales o cuasiverticales orientadas hacia el norte* (Muy desfavorable): empiezan a dominar las especies esciófilas frente a las heliófilas.
- *Paredes en extraplomo orientadas hacia el norte* (Malo): la falta de luz elimina la mayor parte de los taxones que suelen necesitar mucha luz para sobrevivir, mientras existe un dominio de los taxones esciófilos que dominan el ambiente.

A.2) Morfología intrínseca

La forma, tipo y potencia de de los acantilados es un conjunto de variables fundamentales para entender la evolución de los frentes rocosos costeros y, por lo tanto, la evolución del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.

A.2.1) Forma y tipo de acantilado

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
Existen diversas formas de clasificar los acantilados, pero no se centrará este apartado en la dis-

cusión pormenorizada para cada tipo o tipo de clasificación. Nos centraremos en la dinámica general de los mismos, puesto que su análisis pormenorizado desequilibraría el peso que en este gran apartado se quiere otorgar a cada una de las variables.

- c) Propuesta de métrica: se trata de valorar la evolución de los diferentes tipos de acantilado, estableciendo conclusiones acerca de los modos de retroceso y el desarrollo de diferentes geoformas internas y la durabilidad de las mismas.
- d) Procedimiento de medición: se trata de realizar cartografías sobre tipos de acantilados y cartografía de localización de geoformas internas como farallones, cuevas, balmas, bufaderos, etc., para correlacionar estos dos factores. Se debe escoger un muestreo de tramos con tipos de costa distintos y representativos para poder establecer conclusiones fidedignas.
- e) Estados de conservación: hemos anotado ya que no se realizará un estudio pormenorizado por subtipos. No resulta sensato establecer tipologías de estados de conservación en función de esta variable, aunque es posible indicar la importancia de este factor con las referencias siguientes.
A la hora de valorar la siguiente clasificación, se ha pensado en la riqueza de geoformas y microambientes internos en los acantilados y, por lo tanto, de comunidades vegetales y animales diferentes:

- *Acantilados en materiales resistentes, con retroceso lento diferencial y selectivo* (Favorable): son costas con frentes acantilados rocosos bastante estables pero que muestran un sensible recorte a base de líneas de debilidad de cierta importancia.
- *Acantilados en materiales poco resistentes, pero que evolucionan en tipo "retroceso diferencial" a partir de fracturas o contactos, y de manera gradual* (Muy favorable): habitualmente sobre materiales metamórficos que han sido objeto de intensos fenómenos de tectonización. Existe así una rápida evolución en líneas de debilidad preferenciales, en las que aparecen numerosas geoformas internas que aumentan la riqueza de microambientes en el tipo de hábitat.
- *Acantilados en materiales muy poco resistentes o sobre rocas resistentes muy afectadas por una densa fracturación, con un retroceso generalizado e intenso* (Desfavorable/Muy desfavorable): se observa en costas con extensas plataformas

intermareales y acantilados traseros con muchas cicatrices de desprendimientos y deslizamientos. El carácter efímero de las formas costeras hace que esta situación se considere desfavorable.

A.2.2) *Dinámica de los acantilados*

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
En relación con la anterior variable, se puede realizar una clasificación muy similar a la del apartado anterior pero, para ofrecer nuevas visiones, se presentará una propuesta diferente.
- c) Propuesta de métrica: se trata de analizar la dinámica de los acantilados estudiando sus geoformas internas y sus tipos de inestabilidad. Se podría realizar una cartografía de tipos de inestabilidad costera y de geoformas internas en sectores acantilados diversos y posteriormente realizar un trabajo de fotointerpretación y cartografía de las intensidades de dinamismo de acantilado, a partir de esa tipología previa.
- d) Procedimiento de medición: fotointerpretación y cartografiado de geoformas y elementos indicadores de inestabilidad, como desprendimientos y deslizamientos en distintos tramos acantilados. En esos tramos costeros se deben realizar estudios de campo pormenorizados, metro a metro. Seguidamente, la fotointerpretación de deslizamientos y desprendimientos o caídas de bloques, distinción basada también en trabajo de campo, llevaría a la obtención de una cartografía de la dinámica costera o de riesgos de movimientos en vertientes litorales. La correlación de los datos de campo y la superposición de las capas, con información georreferenciada acerca de estos dos estudios geomorfológicos, permitirá concluir la importancia de la dinámica costera en la configuración de geoformas internas.
- e) Estados de conservación:
 - *Acantilados muy inestables* (Muy desfavorable/Malo): abundantes deslizamientos y/o desprendimientos en todo el tramo costero. Difícil desarrollo de geoformas internas y carácter efímero de las formas de los acantilados.
 - *Acantilados con inestabilidad localizada y relacionada con eventos energéticos marinos o de precipitaciones extraordinarios* (Favorable): en ellos, en las líneas de debilidad, se desarrollan

las geoformas más evolucionadas. Son duraderas, evolucionan lentamente pero perduran durante un tiempo.

- *Acantilados estables* (Favorable/Desfavorable): se desarrollan cuevas y otras geoformas pero que no alcanzan tallas notables ni son duraderas. La riqueza y variedad de formas, en muchas ocasiones, puede ser escasa.
- *Acantilados muy estables* (Desfavorable): el retroceso del acantilado es escaso, existiendo geoformas internas de escaso tamaño y evolución. Son elementos duraderos, pero no representan microambientes especializados dentro del tipo de hábitat.

A.2.3) Potencia de los acantilados

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La potencia de los acantilados influye en la diversidad de comunidades vivas moradoras del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas. Con el alejamiento a la lámina de agua y sus efectos limitantes, las restricciones ambientales se van reduciendo y se van multiplicando las posibilidades de que especies continentales se acerquen a la frontera marina. Aumenta así la biodiversidad en la franja costera.
- c) Propuesta de métrica: análisis de las variaciones en las comunidades vegetales en función de la potencia de los acantilados y su separación del alcance físico de olas, mareas y salpicaduras de proyección.
- d) Procedimiento de medición: se pueden realizar inventarios y compararlos con los inventarios tipo, teniendo siempre en cuenta la necesidad de aportar datos sobre el sustrato, la abundancia/dominancia de especies, la cobertura y la estructura de la vegetación. También sería interesante realizar estudios acerca de las condiciones ambientales de las diferentes franjas verticales de los acantilados, como humedad absoluta y relativa del aire, grado de salinidad del mismo, variaciones de temperaturas, etc.
- e) Estados de conservación: a mayor potencia del acantilado, mayor posibilidad de una gradación ambiental que aumente la riqueza en comunidades animales y vegetales.

- *Acantilados con potencias supramareales hectométricas* (Muy favorable): los efectos de la grave-

dad y las aguas continentales hacen evolucionar intensamente a estos acantilados que así, además de la gradación vegetal en altura, presentan un dinamismo intenso que permite la aparición de áreas en vertiente con suelos incipientes. El resultado es el aumento de la biodiversidad.

- *Acantilados con potencias supramareales decamétricas* (Favorable): desarrollan una dinámica interna importante. Suelen tener vertiente sobre pared y producirse una cierta acumulación edáfica que permite la aparición de diversas comunidades diferenciadas.
- *Acantilados con potencias supramareales métricas* (Favorable/Desfavorable): pueden desarrollar algunas comunidades diferenciadas si existe una cierta dinámica interna con muescas y cierta inestabilidad.
- *Acantilados con potencias supramareales decimétricas* (Desfavorable): modelados en depósitos o en niveles de plataformas antiguas, es decir, rasas inclinadas hacia el mar.
- *Acantilados intermareales* (Muy desfavorable): acantilados formados por escalones en plataformas intermareales o pequeños resaltes alcanzados por la marea alta.

A.3) Morfología de geoformas contenidas por el retroceso diferencial de acantilados

La abundancia de geoformas internas incide en la variedad y riqueza de ambientes internos en el tipo de hábitat y, por ello, en el aumento de la biodiversidad. Esta mayor riqueza geomorfológica y biogeográfica es la que ocupa y preocupa en la siguiente variable.

A.3.1) Aparición de cuevas, arcos farallones, islotes y corredores estrechos

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: recomendable.
La aparición de cuevas, farallones, balmas; la existencia de acantilados completos y formados por pared basal y vertiente superior; el desarrollo de plataformas escalonadas; un recorte costero elevado; son elementos que, conjuntamente, además de indicar la existencia de una dinámica intensa, facilitan la aparición de microambientes y de una biodiversidad elevada, con la consiguiente riqueza compositiva del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.

c) Propuesta de métrica: catálogo de geoformas internas y localización de comunidades animales y vegetales existentes en los mismos. Comparación con acantilados más simples y sin un catálogo amplio de geoformas. Ello debe llevar a la existencia de mayor biodiversidad y riqueza geomorfológica en los primeros.

d) Procedimiento de medición:

- Elección de tramos acantilados interesantes con características muy contrastadas, pero manteniendo factores o variables comunes como la litología, la exposición o el tipo genético de acantilado.
- Realización de una cartografía detallada de esos tramos acantilados, incluyendo todo tipo de formas internas y de procesos dinámicos.
- Confección de inventarios de vegetación y fauna.
- Correlación de ambas informaciones superponiéndolas en una cartografía georreferenciada en soporte SIG.

e) Estados de conservación:

- *Gran abundancia y diversidad de geoformas internas en los acantilados* (Muy favorable): en tramos de costa recortados aparecen cuevas, bufaderos, balmas, farallones, islotes, arcos rocosos, plataformas y tanto paredes rocosas basales como vertientes superiores tapizadas por depósitos antiguos.
- *Existencia de diferentes geoformas internas* (Favorable): aparecen algunas de las geoformas anteriores, pero su distribución está más espaciada y el desarrollo del binomio vertiente sobre pared no está tan marcado. El recorte costero no es tan intenso.
- *Tramos homogéneos con frentes rocosos uniformes sin evidencias de un retroceso diferencial que permita la formación de microambientes* (Desfavorable): las irregularidades internas en los acantilados son escasas y se limitan a algunas muescas, a lo largo de una costa tendente a la linealidad.

A.4) Litología

A.4.1) Tipo de roca

- a) Tipo: característica estructural.
b) Aplicabilidad: obligatoria.

Como se ha anotado en los factores abióticos es interesante tener en cuenta las variaciones litológicas como una variable que explica, al menos parcialmente, los diferentes tipos evolutivos en acantilados. Las rocas metamórficas no dan lugar al mismo tipo de paisaje costero que las calizas o las plutónicas. Los retrocesos diferenciales estarán edificados en diferentes patrones de líneas de debilidad y ello deberá ser tenido en cuenta a la hora de entender la estructura y función del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.

c) Propuesta de métrica: estudio de la correlación entre el tipo de roca y: tipo de inestabilidades en acantilados; abundancia de las inestabilidades; velocidad de retroceso de los frentes rocosos costeros. Puede desarrollarse así unas relaciones directas entre la litología de los diferentes tramos costeros y las velocidades y tipos de retroceso de los acantilados.

d) Procedimiento de medición: cartografía de tipos rocosos, utilizando el Mapa Geológico Nacional 1:50.000 como base. Superposición de una capa con la localización de las cuevas, sus tipos y los rangos de profundidad de las mismas. Tratamiento SIG y estadístico de las correlaciones para obtener el grado de importancia de cada tipo de roca en el desarrollo y extensión del tipo de hábitat.

e) Estado de conservación:

- *Litologías kársticas* (Favorable): la evolución de los materiales y los frentes acantilados suele ser lenta y permite el mantenimiento del tipo de hábitat.
- *Litologías metamórficas e ígneas resistentes con un patrón de fracturas adecuado* (Favorable): la evolución de los materiales y los frentes acantilados suele ser lenta y permite el mantenimiento del tipo de hábitat.
- *Litologías metamórficas e ígneas muy meteorizadas, con un patrón de fracturas muy denso* (Desfavorable): la evolución de los materiales y los frentes acantilados suele ser rápida y da lugar al desmantelamiento de las geoformas internas del tipo de hábitat y a un dinamismo constante de los frentes rocosos, que impiden una colonización vegetal duradera.
- *Litologías sedimentarias de tipo arenisco y sedimentarias no consolidadas* (Desfavorable): son acantilados poco estables y duraderos, con un problema muy similar al de la categoría anterior.

A.4.2) Estado de meteorización del sustrato

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La aparición de rocas muy meteorizadas es negativa para la durabilidad de los frentes acantilados y el tipo de hábitat desarrollado en los mismos. En efecto, las rocas muy meteorizadas ofrecen escasa resistencia al ataque marino, aportan superficies muy desagregables, en las que los seres vivos no pueden permanecer mucho tiempo, por lo que la densidad y diversidad de los mismos es mucho menor.
- c) Propuesta de métrica: establecer una clasificación de acantilados en función del grado de meteorización que presenta el sustrato y correlacionarlo con velocidades de erosión y evolución de los frentes rocosos, además de hacerlo con la cobertura vegetal y animal.
- d) Procedimiento de medición: la medición de la resistencia de la roca, o dureza escleroscópica, se puede realizar con un martillo Schmidt, “Schmidt Hammer”, o con un durómetro. Ésta nos puede dar una idea del grado de meteorización de la roca.
La correlación entre los datos obtenidos sobre la resistencia física media de las rocas, sobre el grado de meteorización, y los tipos de acantilado y la velocidad de retroceso costero, debe tratarse con programas informáticos estadísticos y tratarlos con un SIG. Ello traería en consecuencia una interesante cartografía de áreas con riesgo de desprendimientos, es decir, en general, de riesgo de inestabilidad en acantilados. Tal información debe servir para detectar también áreas en las que es más difícil que se desarrolle el tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas, en perfectas condiciones de estructura y funcionalidad.
- e) Estado de conservación:
- *Rocas sin meteorización aparente y resistencia a la abrasión muy elevada, sin líneas de debilidad atacables por los factores hídricos* (Favorable): no suelen permitir una inestabilidad marcada, apareciendo acantilados que evolucionan de una manera lenta y gradual.
 - *Rocas con grados de meteorización bajos, pero con líneas de debilidad atacables por los agentes atmosféricos y marinos* (Favorable/Desfavorable): pueden ser favorables por la riqueza de geoformas internas existentes en los acantilados modelados en ellas, pero la inestabilidad

puede provocar pérdidas de biodiversidad puntuales, al permitir retrocesos diferenciales que inciden en localizaciones concretas con notable intensidad.

- *Rocas con grados intermedios de meteorización* (Desfavorable/Favorable): existen situaciones muy diversas en las que pueden existir tramos costeros muy inestables y otros menos dinámicos.
- *Rocas muy meteorizadas* (Muy desfavorable/Malo): conllevan un retroceso costero muy marcado y generalizado, configurando acantilados muy inestables y de paredes efímeras.

A.4.3) Potencial de karstificación

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La disolución de la caliza afecta sólo o, por lo menos, de manera sensible, a los acantilados modelados en rocas calcáreas. Evolucionan con cierta independencia del factor marino, cuando menos, la precipitación continental actúa esta vez a dos niveles: el de disolución y el de inestabilización —desprendimientos y caídas de bloques— a partir de líneas de debilidad.
- c) Propuesta de métrica: análisis del peso de la karstificación en el modelado y evolución de los acantilados litorales. Debe compararse este factor ante otros de mayor peso tradicional, como el tectónico y el estructural en general. En el desmoronamiento de estos acantilados no sólo influye el tipo de roca, sino también las características físico-químicas del agua del mar, junto con el régimen de precipitaciones y las concentraciones de gases disueltos en el agua de la lluvia, que deben ser los parámetros a medir para obtener información acerca de esta variable.
- d) Procedimiento de medición: se han de medir en campo los siguientes factores que Garay & Robledo (2008), anotan como importantes en el potencial de disolución en rocas calizas en medio continentales:
- El flujo del agua.
 - La superficie de roca expuesta.
 - La temperatura.
 - Presión parcial de CO₂.
- Además, deben analizar y medir también las características físico-químicas del agua del mar, tales como:

- La salinidad.
- La temperatura.
- Otras como: análisis químico del porcentaje de elementos constituyentes, gases disueltos, materia orgánica, anhídrido carbónico, CO₂, carbonato cálcico, alcalinidad del agua del mar, etc.

Se pueden utilizar sondas CTD, que se explican en el apartado 3.3.1.1.6.4, además de otros aparatos de medición específicos para algunos parámetros y análisis químicos en laboratorio.

e) Estado de conservación:

- *Combinación de factores que permiten altos potenciales de disolución* (Favorable): en rocas calcáreas y con características físico-químicas atmosféricas, de las aguas continentales y de las marinas que permiten karstificaciones intensas. Esto dificulta la colonización vegetal de los acantilados costeros.
- *Combinación de factores que permiten potenciales medios de disolución* (Favorable/Desfavorable): en rocas calcáreas con características físico-químicas atmosféricas, de las aguas continentales y de las marinas que no permiten karstificaciones intensas.
- *Combinación de factores que permiten potenciales bajos o nulos de disolución* (Favorable): en rocas no calcáreas o bien en calizas y con características físico-químicas atmosféricas, de las aguas continentales y de las marinas que no permiten karstificaciones intensas. Permite la colonización gradual de los acantilados costeros.

A.5) Estructura

La estructura es el factor fundamental que explica la evolución de los acantilados de nuestras costas. En concreto, una combinación del patrón de fractura y otros planos de debilidad, como los contactos litológicos o los planos de estratificación y el clivaje, pasa a ser el fundamento evolutivo de un gran número de frentes rocosos costeros a partir de su retroceso diferencial.

A.5.1) Patrón de fractura

- a) Tipo: característica estructural.
b) Aplicabilidad: obligatoria.

El patrón de fractura depende fundamentalmente del historial tectónico del roquedo sobre el que se desarrollan los acantilados, pero existe también otro tipo de diaclasas y fisuras que se relacionan con la evolución natural de los acantilados, de la descompresión de la roca o de las actividades humanas sobre el litoral. Se trata, por ejemplo, de las grietas de tracción, derivadas del socavamiento basal de acantilados, los procesos de humectación-deseccación, la saturación hídrica y la gravedad, o de las denominadas “fallas panameñas” (Pinot, 1999), pequeñas fallas oblicuas y cóncavas sobre materiales poco consolidados o muy meteorizados, atacados en la base y saturados hídricamente.

c) Propuesta de métrica: medición de los patrones de fractura, orientación, densidad y talla de las discontinuidades.

Además, debe realizarse un estudio de las variaciones de resistencia de las rocas en lugares sin fractura y alrededor de las mismas, para obtener información de cómo el patrón de fractura debilita la estructura rocosa del acantilado y, por ello, del edificio de la cavidad costera.

d) Procedimiento de medición: las mediciones son fáciles, mediante el uso de aparatos tan sencillos como la brújula, para las orientaciones, cinta de medición para la distancia interfractura y calibre para la talla de las mismas, ésta, a medir en fracturas limpias y netas.

Su tratamiento estadístico resultará de la clasificación de esas tres variables en función de su importancia a la hora de hacer evolucionar a los acantilados, lo que indica que será necesario correlacionar estos parámetros con la existencia y abundancia de desprendimientos, deslizamientos y caídas de bloques.

e) Estado de conservación:

- *Patrones densos con fracturas importantes, con orientaciones en la dirección más efectiva de oleajes de viento y oleajes de fondo, y otras líneas de debilidad estructural importantes* (Desfavorable): la excesiva debilidad del sustrato hace que los edificios rocosos sean inestables, sobre todo en el caso concreto de que presenten oquedades internas.
- *Situaciones intermedias* (Favorable/Desfavorable): suelen otorgar procesos de erosión diferencial selectiva, centrados en puntos concretos del litoral, lo que da lugar a una evolución más rápida de los frentes rocosos del litoral.

- *Patrones poco densos con fracturas poco importantes y siendo escasas otras líneas de debilidad estructural, además, con orientaciones en otras direcciones a las más efectivas ante oleajes de viento y oleajes de fondo* (Favorable): erosión diferencial poco intensa, por lo que no es un ambiente propicio para la dinámica de los acantilados.

A.5.2) Historia geológica del sustrato

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: recomendable.
Está muy relacionada con la anterior, pues esta historia geológica impone el patrón estructural y la evolución de meteorización de las rocas. La historia geológica determina cuántas orogenias o períodos tectónicos intensos ha sufrido un sustrato, qué paleoclimas influyeron sobre dichos materiales meteorizándolos, o en qué condiciones se originó esa roca y, por ello, qué inestabilidad presenta las características climáticas actuales y, por lo tanto, qué velocidad de meteorización está desarrollando.
- c) Propuesta de métrica: correlacionar la historia geológica regional con la diferente densidad de inestabilidades de los frentes acantilados (desprendimientos, deslizamientos, cavidades, caídas de bloques). Por ejemplo, se reconoce que los tramos costeros con materiales precámbrico-silúricos de tipo metamórfico, metasedimentario, en áreas del zócalo hercínico, con sustratos muy meteorizados, desarrollan inestabilidades muy marcadas, de cierta talla y abundantes en número. También se sabe que las diferencias en el carácter pretectónico, sintectónico o postectónico en plutonitas con respecto a la orogenia hercínica establece diferencias de resistencias al recibir patrones de fracturas en momentos en los que los materiales cristalinos eran ya muy poco flexibles. Ello desestructuró completamente el edificio cristalino y dio lugar a rocas muy deleznales.
- d) Procedimiento de medición: las mediciones en este caso son bastante difíciles. Se pueden obtener conclusiones generalistas sobre dominios rocosos en función de su historia geológica, acerca de su escaso potencial para generar cuevas en función de su meteorizabilidad o erosionabilidad. Así pues, mediciones con un esclerómetro o un martillo Schmidt pueden corroborar, por correlación, la debilidad e inadaptación de deter-

minadas familias rocosas o dominios litológicos a las condiciones ambientales actuales.

- e) Estado de conservación:
 - *Rocas en dominios con una historia geológica positiva que les otorga una estabilidad especial* (Desfavorable): la original resistencia de estos roquedos disminuye la potencial aparición de aparatos de erosión subterránea en la costa.
 - *Rocas en dominios con una historia geológica relativamente negativa para su resistencia actual a la erosión* (Favorable): da lugar a la aparición de erosiones diferenciales selectivas en torno a las principales líneas de debilidad, lo que favorece el desarrollo de una constante pero no excesivamente intensa.
 - *Rocas en dominios con una historia geológica, tectónica y paleoclimática convulsa y, por lo tanto, de escaso potencial para la generación de cuevas costeras* (Desfavorable): por ejemplo, el dominio costero de la Serie de Ordes en el Golfo Ártabro, en el que la existencia de pequeños desprendimientos y deslizamientos es constante.

A.5.3) Índice de recorte costero

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: recomendable.
El índice de recorte costero ha sido empleado en algunas ocasiones para caracterizar costas y como indicador de sensibilidad costera ante posible derrame de residuos. El mismo equipo redactor de esta ficha lo ha presentado en diversos trabajos: 2004, 2007 y 2008. La intención es aplicar este índice por su relación directa con los diferentes grados de intensidad evolutiva de los frentes acantilados.
- c) Propuesta de métrica: realización del cálculo de recortes costeros con la cantidad, talla y tipología de desprendimientos y deslizamientos. La conclusión debería ser que, a mayor recorte costero y mayor número de líneas de debilidad de cierta importancia, existiese mayor posibilidad de desarrollo de extensión de acantilados y mayor diversidad de microambientes internos, por lo que la riqueza ambiental sería superior.
- d) Procedimiento de medición: el índice propuesto es la relación entre la longitud real de un tramo de costa, medida a escala grande, por ejemplo, 1: 5.000 o superiores, y la longitud de un tramo

teórico rectilíneo cuyos extremos coincidan con el anterior. Se pueden establecer intervalos:

- Índice de recorte entre 1 y 2, costa rectilínea.
- Índice de recorte entre 2 y 3, costa dentada.
- Índice de recorte entre 3 y 4, costa recortada.
- Índice de recorte entre 4 y 5, costa muy recortada.
- Índice de recorte entre superior a 5, costa extremadamente recortada.

e) Estado de conservación:

- *Costa rectilínea* (Muy desfavorable/Malo): costas arenosas o costas tectónicas con acantilados tipo *plunging* o falsos acantilados.
- *Costa dentada* (Desfavorable/Favorable): costas a base de grandes ensenadas espaciadas, con retrocesos localizados y amplios.
- *Costa recortada* (Favorable/Desfavorable): costa con numerosos entrantes costeros, de diversa talla y estrechez, con desmantelamiento de acantilados e irregularización de formas de detalle.
- *Costa muy recortada* (Favorable): numerosos entrantes con una densidad tectónica elevada que aporta un retroceso diferencial de grano fino.
- *Costa extremadamente recortada* (Muy favorable): costa en la que se superponen varios patrones de fractura, con retroceso diferencial a varias escalas, apareciendo un tipo de recorte en el que se puede apreciar un comportamiento fractal siguiendo el modelo tipo Isla de Koch.

A.6) Variables marinas

Afectan sensiblemente a la evolución de los acantilados, especialmente a la base de los mismos. Su tratamiento en este apartado es obligatorio. Existen diversas variables para analizar el impacto marino en las comunidades y el geosistema costero acantilado, pero a continuación se intenta sintetizar esa influencia en las que se consideran más importantes.

A.6.1) Cambios relativos en el nivel del mar

- a) Tipo: característica funcional/estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.

Interesa este factor en tanto que los acantilados pueden sufrir crisis erosivas y ver modificado su hábitat en el caso de que sobrevengan sensibles oscilaciones del nivel marino. Al igual que es posible observar acantilados inactivos o playas de boques fósiles, no alcanzados en la actualidad por los oleajes, lo cual denuncia la existencia de pulsaciones transgresivas antiguas, la presente transgresión interglaciar puede modificar la actual distribución del tipo de hábitat de acantilados atlánticos y favorecer una erosión acelerada en el mismo, incluyendo sus geoformas asociadas. El oleaje o la acción mareal aumentarían su impacto sobre los niveles marinos de referencia actuales. En los próximos 100 años, en función de diferentes supuestos climáticos, las actuales valoraciones sobre el ascenso medio del nivel marino a escala mundial hablan de que éste ascienda entre 9 cm y 90 cm por encima del actual (Flor, 2004). En relación a las erosiones que está provocando el actual ascenso del nivel marino, han salido a la luz diferentes estudios con éxitos diversos, siendo necesario decir que en algunos casos el fundamento científico de estos análisis carece de la objetividad suficiente para que sean aquí citados. Algún ejemplo interesante de acercamiento a esta realidad lo presenta, por ejemplo, para la costa cántabra (García Cordón & Rasilla Álvarez, 2005).

- c) Propuesta de métrica: análisis de los tipos de acantilados más proclives a sufrir cambios drásticos en su hábitat, en función de las diferentes posibilidades de subida del mar en el próximo siglo. Han de tenerse en cuenta no sólo los cambios en la composición biótica, sino en la evolución y desmantelamiento de los frentes más frágiles como los modelados en materiales sedimentarios o con fuertes profundidades alteríticas.
- d) Procedimiento de medición: las mediciones se realizan desde redes de mareógrafos que indican la evolución del nivel relativo del mar. También puede interesar, a nivel informativo, el aprovechamiento de estudios geotectónicos que puedan explicar cambios generales en algunas regiones por actividad en el manto o estudios de la evolución eustática.
- e) Estado de conservación:

- *Ascenso del nivel relativo del mar por fases interglaciares transgresivas o variaciones eustáticas* (Favorable/Desfavorable): favorece el retroceso de los acantilados y la desaparición de comunidades vivas estables que tienen que mi-

grar, a veces en lugares muy condicionados por las actividades antrópicas, y que, por ello, no pueden recolonizar.

- *Mantenimiento de los actuales niveles marinos* (Favorable): lo que conlleva el mantenimiento de los alcances mareales actuales que condicionan también así el alcance del oleaje. Las variaciones quedan a merced de cambios en la frecuencia de períodos tempestivos.
- *Descenso del nivel relativo del mar* (Desfavorable): por fases glaciares regresivas para el nivel marino, o variaciones eustáticas. Conllevaría la inactividad de muchos frentes acantilados que se verían colonizados por vegetación continental de otros tipos de hábitat. Desaparecería, por lo tanto, la actual estructura del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.

A.6.2) *Parámetro mareal*

- a) Tipo: característica funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
El alcance mareal se erige como el más importante en la distribución de los seres vivos en la costa, puesto que muchos de ellos sobreviven por su inmersión o contacto directo con el agua colocándose, de manera especializada, en diferentes franjas en función de la carrera de marea. Las mareas varían en función de la localización geográfica o la distancia a los puntos anfídromicos, pero lo que nos ocupa realmente son las diferencias existentes en el área de estudio.
- c) Propuesta de métrica: análisis de las diferencias ecológicas de los acantilados en función del régimen mareal al que se ven sujetos.
- d) Procedimiento de medición: las mediciones se realizan desde redes de mareógrafos que indican la evolución de los niveles mareales. El problema de estas redes es que, habitualmente, se localizan en puertos importantes en los que se están produciendo cambios morfológicos artificiales que pueden falsear tendencias evolutivas en los datos de mareas. Dragados, cambios en las secciones de paso en entrada a las dársenas que contienen los mareógrafos, etc., pueden provocar interferencias en las series de datos obtenidas en los mareógrafos.
- e) Estado de conservación: ya que los seres vivos están adaptados a las condiciones marinas naturales en las que viven, las cuales son culpables de su distribución y especiación, será muy compli-

cado enfocar el carácter positivo o negativo de las diferencias mareales en el tipo de hábitat 1230. En todo caso, los regímenes mareales macrotidales permiten un mayor alcance marino y que el oleaje trabaje los acantilados de cara a su evolución formando cuevas y otras geoformas, por lo que orientando el problema de esa manera podríamos establecer la siguiente escala:

- *Ambientes macromareales* (Muy favorable): favorecen intensamente la actividad erosiva del mar por un alcance continental mayor y en una franja costera más extensa.
- *Ambientes mesomareales* (Favorable): favorecen la actividad erosiva del mar en una franja costera menor.
- *Ambientes micromareales* (Desfavorable): no favorecen la actividad erosiva marina por lo que las cuevas deben de evolucionar por factores continentales o paleoprocesos marinos.

A.6.3) *Parámetro oleaje*

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
El oleaje es el principal factor marino erosivo natural sobre los frentes acantilados. El régimen de oleaje, relacionado con los parámetros atmosféricos, condiciona y determina los ritmos erosivos costeros, por lo que es de obligatorio análisis en el presente estudio.
- c) Propuesta de métrica: elaboración de informes y cartografías específicas de las frecuencias de temporales y de oleajes significativos para las áreas de la red de muestreo, llevando los datos a un SIG geosistémico costero para su control futuro en lo que se refiere al estado de la estructura y función del tipo de hábitat.
- d) Procedimiento de medición: siguiendo los datos de la red de boyas del organismo Puertos del Estado, aunque es necesario observar qué tipos de oleaje afectan más a la evolución de los acantilados, aplicando la máxima de que la costa evoluciona a partir de eventos extraordinarios de alta energía y baja frecuencia de retorno. Se deben de escoger acantilados tipológicamente similares en ambientes muy diferenciados para obtener datos significativos y extrapolables a toda la costa en la que se distribuye el tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.

e) Estado de conservación:

- *Muy alta frecuencia de oleajes de tormenta (altura de ola significativa en más del 7% de los casos superior a 7 m), régimen anual de altura significativa de ola que supera en más del 50% de los casos los 2,5 m (Muy favorable): a nivel general, las costas cántabras occidentales y el noroeste de Galicia.*
- *Frecuencia de oleajes de tormenta alta (altura de ola significativa en más del 7% de los casos entre 5,5 y 7 m) pero menor que en el caso anterior y régimen anual de altura significativa de ola que*

en más del 50% de los casos se encuentra entre 2,5 y 2 m (Favorable): a nivel general, las costas cántabras orientales y centrales y las Rías Baixas gallegas.

- *Frecuencia de oleajes de tormenta baja (altura de ola significativa en más del 7% de los casos entre 4 y 5,5 m) y régimen anual de altura significativa de ola que no supera en más del 50% de los casos los 2 m (Desfavorable): a nivel general, las costas mediterráneas, aunque en el caso del tipo de hábitat que nos ocupa, podría participar la costa andaluza atlántica.*

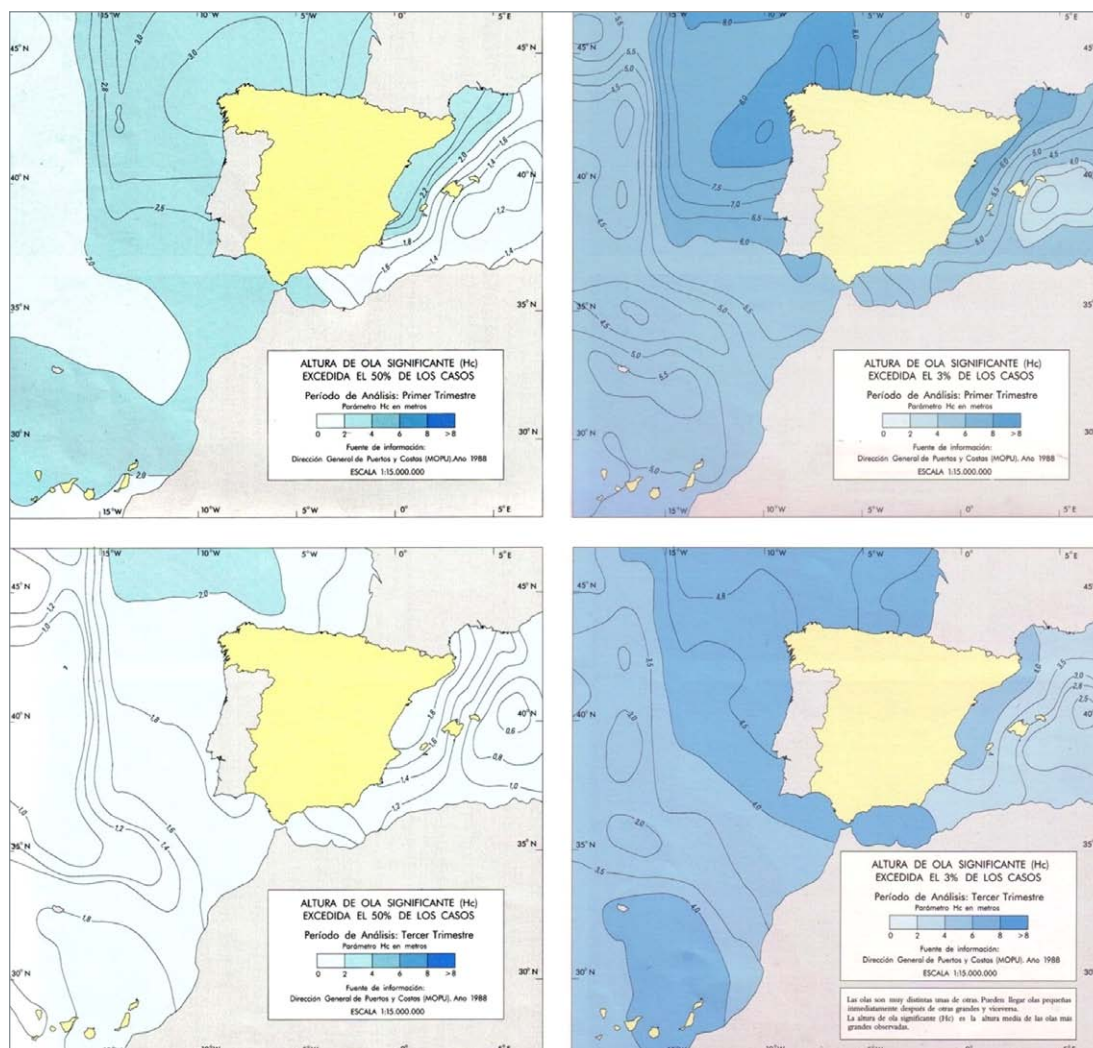


Figura 3.1

Muestra de las variaciones en el parámetro del oleaje a lo largo del año, sobre las costas de la Península Ibérica, Baleares y Canarias.

Datos obtenidos del *Atlas Nacional de España*, con información de la Dirección General de Costas, 1988.

A.6.4) *Parámetro salinidad*

a) Tipo: característica funcional.

b) Aplicabilidad: obligatoria.

Como se ha anotado con anterioridad, los valores de la salinidad en el mar varían notablemente, siendo la costa un medio hipersalino frente a otras partes del océano, por su escasa profundidad y el confinamiento de aguas en el espacio intermareal. Esta situación puede ser diferente si existen masas de aguas continentales desaguando en las proximidades. Es posible que la existencia de anomalías lleve a un mayor o menor poblamiento de las costas rocosas, sobre todo si son muy recortadas y existe una mayor extensión de aguas someras. Por ello, es posible que el factor salino influya directamente en el desarrollo correcto del tipo de hábitat en algunos tramos litorales. Ello puede ser detectado si se analiza la salinidad en marea alta en plataformas y bases de acantilados. Las diferencias regionales de salinidad y la especiación relacionada hacen que no podamos establecer una clasificación ni valoración utilizando valores de salinidad en tantos por mil, puesto que los umbrales de vida son muy diferentes en función de las especies. Tomaremos, pues, el concepto de hipersalinidad, salinidad media e hiposalinidad para valorar su negatividad o su carácter positivo para el desarrollo conjunto del tipo de hábitat.

Las descargas fluviales, los afloramientos costeros de aguas profundas y los aportes directos de aguas continentales son las principales variables locales que producen anomalías en la salinidad habitual de un tramo costero determinado.

c) Propuesta de métrica: analizar las variaciones de salinidad en la base de los acantilados relacionándolo con mediciones próximas a la costa, pero en mar abierto, para ver en qué medida un posible ambiente salino diferenciado en el intermareal puede condicionar la presencia de organismos vivos.

d) Procedimiento de medición: la realización de mediciones de salinidad podría llevarse a cabo con instrumentos CTD adaptados al carácter poco profundo de las aguas intermareales en marea alta. Estos instrumentos son la manera más interesante para medir características del agua como la salinidad, la temperatura, la presión, la profundidad y la densidad de la misma. Las siglas CTD significan: Conductividad-Temperatura-Profundidad. Como estos instrumentos

realizan ya mediciones muy rápidas, de hasta 24 datos por segundo, los *tests* pueden ser muy rápidos, lo que permitiría a estas sondas trabajar en lugares donde la llegada de la ola en marea alta es ocasional. Esto suministra una descripción muy detallada del agua que está siendo examinada y nos permitirá conocer cuál es la salinidad de la mismas y con qué factores se relaciona la posible anomalía salina.

e) Estado de conservación:

- *Anomalia hipersalina (Muy desfavorable/Malo)*: puede provocar problemas de adaptación y cobertura en algunos seres vivos del tipo de hábitat.

- *Salinidad media esperada (Favorable)*: adaptada a los organismos de esa región natural, conlleva el equilibrio ecosistémico y, por ello, el desarrollo de todas las comunidades vivas posibles en función de los otros parámetros.

- *Anomalia hiposalina (Muy desfavorable/Malo)*: puede provocar problemas de adaptación y cobertura en algunos seres vivos del tipo de hábitat.

A.7) **Hidrología**

A.7.1) *Régimen hidrológico*

a) Tipo: característica estructural/funcional.

b) Aplicabilidad: recomendable.

El régimen de precipitaciones y la evapotranspiración potencial y efectiva son parámetros que influyen en los aportes hídricos de agua dulce en los frentes acantilados y en la meteorización rocosa de los mismos. Su análisis aportará datos importantes sobre su efecto en la evolución de las vertientes costeras y en la distribución de las diferentes comunidades animales y vegetales.

c) Propuesta de métrica: estudio de los efectos de las precipitaciones en el hábitat salino costero, especialmente por su incidencia en la biodiversidad de pozas del intermareal y supramareal inmediato, además de la influencia en la meteorización de los acantilados.

d) Procedimiento de medición: medición de caudales costeros en arroyadas difusas y concentradas en las vertientes costeras. Los datos de precipitaciones locales se pueden obtener por métodos estadísticos de combinación de las series de los observatorios meteorológicos más próximos, o

instalando estaciones portátiles en los acantilados elegidos para realizar el estudio.

- e) Estado de conservación: pensando en el potencial de erosión que las aguas continentales tienen sobre los acantilados costeros:
- *Régimen de altas o bajas precipitaciones concentradas en eventos extraordinarios y alta ETP* (Muy desfavorable): eventos extraordinarios en las costas de Cádiz, aunque estos problemas empiezan a observarse en las costas cántabras y pontevedresas.
 - *Régimen de altas precipitaciones y baja ETP, sin eventos extraordinarios* (Desfavorable): en general, el litoral norte, noroeste y suroeste de España.
 - *Régimen de bajas precipitaciones y alta ETP* (Favorable): no aparecen ejemplos en la región natural atlántica. Se trata de un problema potencial ante cambios climáticos futuros a largo plazo. Algunas islas atlánticas pontevedresas, en especial las Illas Cíes, con 700 mm de precipitación, marcan una diferencia con respecto a territorios continentales próximos, como la Ría de Vigo y elevaciones que la enmarcan, que presentan el doble de precipitaciones, o incluso más. Estas islas sufren sequías estivales marcadas y una fuerte evapotranspiración potencial que les hace tener unos comportamientos hídricos costeros diferenciados.

A.7.2) Tipo de escorrentía

Se refiere al discurrir de los flujos hídricos de pluviales en la superficie y área subsuperficial de las vertientes y acantilados costeros.

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
- c) Propuesta de métrica: estudio de los efectos de la escorrentía superficial y subsuperficial en el tipo de hábitat de acantilados atlánticos, tanto en lo que se refiere a inducción de erosiones como de condicionantes ecológicos para los seres vivos.
- d) Procedimiento de medición: se puede obrar la medición de la escorrentía diseñando un sistema de recipientes apropiados para ser colocados en las paredes acantiladas y poder recoger los caudales de escorrentía superficial o subsuperficial en el edificio rocoso.

e) Estado de conservación:

- *Notables y abundantes escorrentías de tipo concentrado o laminar, superficiales y subsuperficiales* (Muy desfavorable): el clima oceánico atlántico húmedo e hiperhúmedo favorece este caso.
- *Escorrentías superficiales de tipo concentrado, en pocos puntos y sin caudales elevados, concentradas en determinados momentos del año* (Desfavorable/Favorable): en climas de tipo submediterráneo o mediterráneo
- *Ausencia de escorrentías superficiales y subsuperficiales por filtraciones más profundas o por un factor climático que induzca la inexistencia de recursos hídricos suficientes* (Favorable): en rocas porosas, como las volcánicas, o filtrantes, como las calcáreas, y en climas muy secos, semiáridos o áridos.

B) Variables biogeográficas

B.1) De composición

Se refiere al grado de conservación de la estructura y la función de las comunidades animales y vegetales existentes en el tipo de hábitat. Los parámetros más importantes a estudiar son los siguientes.

B.1.1) Biodiversidad

- a) Tipo: característica funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La biodiversidad es un buen indicador del estado de conservación de los tipos de hábitat; la presencia de todas las comunidades típicas y de endemismos valoriza cualquier tipo de hábitat y, por lo tanto, también el nuestro.
- c) Propuesta de métrica: se trataría de estudiar la riqueza de seres vivos existentes en las cuevas y observar si aparecen las comunidades esperables o falta alguna cintura en función de factores limitantes de tipo natural o humano. La riqueza se utiliza, habitualmente, como sinónimo de diversidad, aunque el segundo término sólo debe emplearse para denominar el parámetro que mide la relación ponderada entre la riqueza y la abundancia. Por tanto, la riqueza debe ser entendida como el número de especies integrantes de una comunidad, si bien, en muchos casos, se

considera que este parámetro es una medida de diversidad muy útil (Magurrán, 1989) (Molina Holgado, en Meaza 2000).

d) Procedimiento de medición: pueden reconocerse diversos tipos de riqueza, expresados en todos los casos mediante valores globales, dato que corresponde al número de especies presentes en la unidad o muestras analizadas (inventario o grupo de inventarios) (Meaza, 2000). Algunos de éstos se presentan en la citada obra:

- *Riqueza total o riqueza acumulada* (r_t): número total de especies para el conjunto de la muestra.
- *Riqueza media* (r): número medio de especies ($r = r_t / n$).
- *Riqueza máxima* (r_M): número de especies de la unidad de muestreo de riqueza más elevada.
- *Riqueza mínima* (r_m): número de especies de la unidad de muestreo de riqueza más baja.
- *Riqueza total anual* (r_t anual): número total de especies/muestra durante el período de análisis.

Se trataría, pues, de elegir una red de muestreo como la que se propone en el apartado de ficha correspondiente y realizar inventarios para obtener datos estadísticos por regiones naturales de niveles de corte inferiores y posteriormente poder dilucidar el grado de diversidad animal que presentan los diferentes tipos de acantilados. Posteriormente, se pueden buscar los factores que están afectando a esos acantilados para que no desarrollen correctamente las comunidades típicas del tipo de hábitat.

e) Estado de conservación:

- *Acantilados con una riqueza o diversidad de especies elevada* (Muy favorable/Favorable): la abundancia y elevada biodiversidad asegura el correcto comportamiento ecosistémico y relaciones interespecíficas.
- *Acantilados con una riqueza o diversidad de especies próxima a la media* (Favorable/Desfavorable): la abundancia y elevada biodiversidad permite un margen de mejora para la reconstrucción completa del ecosistema por la falta de algunas especies, desarrollándose un comportamiento ecosistémico aceptable.
- *Acantilados con una riqueza o diversidad de especies baja* (Muy desfavorable/Malo): la escasez de especies no permite que se complete

la función ecológica de las diferentes especies, por lo que las comunidades vivas, sujetas a algún tipo de variable negativa, pueden ir desapareciendo, y con ellas la conservación correcta del tipo de hábitat.

B.1.2) Composición florística y de la fauna

a) Tipo: característica funcional.

b) Aplicabilidad: obligatoria.

Es un parámetro muy similar al anterior, pero a nivel de comunidades y de la taxonomía animal y vegetal.

c) Propuesta de métrica: a partir de las asociaciones de seres vivos establecidas como propias de ese tipo de hábitat, analizar cuántas aparecen y cuántas no están presentes en cada acantilado elegido para la realización de la investigación. Se relacionaría, de esta manera, el tipo de acantilado con el número de asociaciones presentes y se establecería un índice de presencia/ausencia de las mismas y una clasificación de acantilados en función de la riqueza de agrupaciones animales y vegetales.

d) Procedimiento de medición: se debe ajustar en un esquema taxonómico propio de cada región natural o nivel inferior para el presente tipo de hábitat. Se realizarán inventarios de asociaciones y jerarquías superiores. Se establecerán los extremos de mayor riqueza y menor riqueza de comunidades. Se correlacionará el tipo de cuevas con la presencia/ausencia de las comunidades propias de los acantilados del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.

e) Estado de conservación:

- *Acantilados en los que aparece más del 75% de las comunidades posibles en un acantilado costero del tipo de hábitat* (Muy favorable): la estructura y función ecológica del tipo de hábitat parecen estar aseguradas en las condiciones actuales.
- *Acantilados que contienen entre el 50% y el 75% de las comunidades posibles* (Favorable): la estructura y función ecológica del tipo de hábitat suelen mantenerse pero existen factores negativos que pueden desestabilizar el correcto funcionamiento ecosistémico.
- *Acantilados que sólo presentan entre el 25% y el 50% de las comunidades posibles* (Desfavora-

ble): la estructura y la función se ven claramente afectadas y el ecosistema puede entrar en recesión.

- *Acantilados que no alcanzan el 25% de las comunidades posibles en las cuevas costeras completas del litoral de esa región natural o nivel inferior* (Malo): no existe un correcto funcionamiento del tipo de hábitat, que está en franco receso y corre peligro de desaparecer.

B.1.3) Grado de naturalidad de la vegetación y la fauna

- a) Tipo: característica funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
Se trata de analizar las ingerencias de tipo bioinvasivo y exótico existentes en las comunidades de los acantilados costeros. El grado de naturalidad implica diferencias en el estado de conservación y en la correcta funcionalidad del tipo de hábitat, pues las especies bioinvasoras modifican las propiedades de los ecosistemas, reducen la diversidad de especies nativas, provocan hibridaciones y causan problemas en la integridad genética de las especies autóctonas, entre otros problemas.
- c) Propuesta de métrica: se trata de valorar el porcentaje de especies invasoras y/o exóticas en el tipo de hábitat que nos ocupa, con especial atención también al número de comunidades afectadas por estos taxones y el grado de abundancia / dominancia sobre las especies nativas y propias de los acantilados en los diferentes sectores biogeográficos.
- d) Procedimiento de medición: es necesaria la realización de inventarios de vegetación y fauna en las cuevas de la red de muestreo que se elija. La identificación de especies no nativas, su calificación en exóticas y exóticas bioinvasoras, su relación abundancia/dominancia en cada comunidad de seres vivos y los posibles efectos negativos que está desarrollando en el tipo de hábitat de cuevas.
- e) Estado de conservación: se propone, a nivel orientativo una clasificación sólo provisional y cualitativa, a la espera de que estudios iniciales otorguen unos rangos de clasificación que permitan cuantificar numéricamente los diferentes grados de afecciones:
 - *Dominio de especies bioinvasoras y/o exóticas* (Malo): el ecosistema está muy transformado y la estructura y la función del tipo de hábitat

está muy degradada.

- *Presencia de especies bioinvasoras y/o exóticas* (Desfavorable): el ecosistema está transformado y la estructura y la función del tipo de hábitat no es la correcta.
- *Ausencia de especies bioinvasoras y/o exóticas* (Favorable/Muy favorable): el ecosistema no se encuentra afectado por especies foráneas y conserva su estructura y función en perfecto estado en relación a este factor.

B.1.4) Presencia de especies indicadoras de calidad ambiental

- a) Tipo: característica funcional.
- b) Aplicabilidad: recomendable.
Algunas especies de líquenes y vegetales mayores funcionan como interesantes indicadores de contaminación, existencia de medios dinámicos o de suelos contaminados. La identificación de estas especies en cuevas, y su seguimiento, puede servir para controlar el estado de conservación de la biota de los acantilados y vertientes costeras y la "salud" de la estructura y la función del tipo de hábitat.
- c) Propuesta de métrica: identificación de especies indicadoras de contaminación, dinamismo y de paleoniveles y niveles marinos en los acantilados. Análisis de presencia/ausencia y abundancia/dominancia de las mismas para clasificar las cuevas y obtener información sobre la funcionalidad del ecosistema del tipo de hábitat 8330 Cuevas sumergidas o semisumergidas.
- d) Propuesta de medición: inventarios de vegetación y fauna e inclusión de los datos sobre especies bioindicadoras en un SIG sobre el geosistema acantilado litoral de la región natural atlántica que permita correlacionar datos de factores y asignar pesos a los mismos sobre su importancia en la conservación de la estructura y la función de las vertientes costeras del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas.
- e) Estado de conservación
 - *Desaparición de especies bioindicadoras de niveles contaminantes* (Desfavorable): pues indica la existencia de contaminación y la pérdida de biodiversidad.
 - *Presencia de especies muy sensibles a la contaminación* (Favorable): indica la existencia de nula o muy escasa contaminación y, por ello,

de un funcionamiento correcto del ecosistema con respecto a esa variable.

- *Aparición de especies bioindicadoras de condiciones marinas muy energéticas o dinámica continental elevada* (Desfavorable): se pueden producir efectos erosivos críticos que destruyan la estructura propia natural del acantilado.
- *Ausencia de especies bioindicadoras de condiciones marinas muy energéticas o de una dinámica continental intensa* (Favorable): indica estabilidad en el acantilado y durabilidad temporal del estadio ecológico del mismo.
- *Presencia de bioindicadores de niveles marinos que indiquen que se están produciendo cambios en el nivel del mar* (Desfavorable): las franjas de poblamiento mareal y el ecosistema se pueden ver transformados, produciéndose una anomalía en el tipo de hábitat.
- *Ausencia de bioindicadores de niveles marinos que indiquen que se están produciendo cambios sensibles en los niveles marinos en la actualidad* (Favorable): indica una estabilidad y un funcionamiento correcto y duradero de la estructura del tipo de hábitat.

B.2) De erosión

Se refiere a la erosión física y química provocada por el desarrollo fisiológico y fisionómico de la vegetación y la fauna.

B.2.1) Bioclastia y bioerosión química

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: recomendable.

La bioclastia es un factor poco estudiado y con una cierta importancia en la evolución de los acantilados costeros. La transformación de la cubierta vegetal en los mismos lleva a la aparición de nuevas formaciones con taxones no propios del ambiente y que inducen un mayor proceso erosivo que acelera la evolución y erosión de los acantilados. Por ejemplo, las plantaciones forestales o las difusiones bioinvasoras, como las del género *Eucalyptus* en el norte y noroeste de la Península, han llevado a serios problemas de bioerosión, bioclastia especialmente, en algunos tramos acantilados, provocando deslizamientos, desprendimientos, caídas de bloques y desplomes en cuevas. El enorme peso específico de las

toneladas de biomasa por metro o centímetro cuadrado en el borde de los acantilados o por el pinzamiento que las raíces de los árboles desarrollan en las fracturas de la roca (ver fotografía 30). Las labores de zapa de algunos animales, como los conejos, afectan no sólo a los cordones dunares, sino también a muchos acantilados modelados sobre materiales sedimentarios de origen frío con un cierto contenido en arenas.

- c) Propuesta de métrica: cartografiado de las masas forestales de monte alto o monte arbolado en las costas acantiladas de la región natural atlántica, especialmente de las especies bioinvasoras, como el eucalipto. Cotejar con la cartografía de localización de cuevas.
- d) Procedimiento de medición: a base de fotointerpretación de masas arboladas costeras y el trabajo de campo de identificación definitiva de especies. Se debe realizar una integración cartográfica en un SIG general sobre los factores incidentes en la evolución de los acantilados. Debe valorarse la posibilidad de hacer también un estudio de muestreo del impacto de la especie *Orictolagus cuniculus* en acantilados sobre materiales sedimentarios parcialmente compactados.
- e) Estado de conservación:

- *Presencia de monte arbolado con eucaliptos y géneros de igual impacto bioclástico en el techo o vertiente de los acantilados/o de especies animales zapadoras* (Malo): especialmente eucaliptales, que dan lugar a procesos bioclásticos intensos.
- *Presencia de monte arbolado en el techo o vertiente de los acantilados / o de especies animales zapadoras* (Malo/Muy desfavorable): otras especies sin poder bioclástico notable, pero con influencia en la evolución de los acantilados mediante pinzamientos y transformaciones químicas en la roca.
- *Presencia de matorral leñoso en el techo o vertiente de los acantilados / o de especies exóticas y / o bioinvasoras con potencial bioclástico significativo / o de animales zapadores* (Desfavorable): menor potencial bioclástico pero notable en formaciones adultas, llegando a actuar de manera similar a ejemplares jóvenes de especies arbóreas. Algunas especies exóticas producen efectos similares por desprotección de frentes acantilados y descompensación entre el peso de ramajes y el escaso enraizamiento. Por ejemplo, el género *Carp*

brotus sp., tiene un gran peso de tallos y ramajes mientras que sus raíces no sirven de protección ante deslizamientos o desprendimientos, por lo que el peso general de la mata, ante socavamientos basales, lleva al desplome de acantilados meteorizados.

- *Presencia de tipos herbáceos en los frentes acantilados con vegetación propia del ecosistema litoral nativo* (Favorable): no ejerce influencia bioclástica sensible sobre los acantilados ni las cuevas. Su acción bioerosiva, de tipo químico, es lenta y poco impactante.

C) Variables de influencia humana

Son el mayor problema para la conservación de este tipo de hábitat, toda vez que los cambios ambientales naturales suelen implicar la desaparición de algunas cuevas para dar formación a otras con un equilibrio geosistémico más que demostrado. La ocupación del litoral es el factor general antrópico que reúne la mayor parte de agresiones no naturales al ecosistema de las cuevas litorales. Existen numerosas variables implicadas en este factor general, de las cuales, las de mayor peso, se tratan a continuación.

C.1) Intensidad de ocupación humana del litoral

La intensidad de ocupación humana en el litoral se convierte en el factor general y menos concreto de los presentados en este apartado. Hace referencia a la superficie ocupada con actividades y construcciones antrópicas, del tránsito de personas y vehículos, de contaminaciones concentradas y difusas; en fin, de la huella ecológica. Existen numerosos índices y metodologías para analizar la huella ecológica del hombre en el territorio. A nivel general, se puede citar como propuestas interesantes el *sistema compuesto* de Chambers, Simmons & Wackernagel, 2000, derivado del de Wackernagel & Rees, 1996, además del de Venetoulis, Chazan & Gaudet, 2004 (Martín Palmero, 2004). Por ejemplo, para el caso gallego, extrapolable a algunas regiones del norte peninsular, la principal obra de referencia es la de Martín Palmero, 2004. Lejos de adentrarnos en este complejo concepto y en sus métodos, nos centraremos en algunas variables más concretas y menos complejas de analizar.

C.1.1) Usos del suelo

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.

Los usos del suelo en la costa tienen diferentes implicaciones en la desestabilización de los ecosistemas costeros. Según el tipo de usos, los riesgos y las agresiones al ecosistema son diferentes en tipo e intensidad.
- c) Propuesta de métrica: observación de las implicaciones de los diferentes usos del suelo en la dinámica costera y en la estabilidad geomorfológica y biótica del tipo de hábitat que nos ocupa.
- d) Procedimiento de medición: fotointerpretación y cartografía de los usos del suelo en las proximidades de los puntos de la red de muestreo elegida. Identificación y calificación de los impactos asociados y elaboración de cartografía de riesgos para el tipo de hábitat.
- e) Estado de conservación: se realiza la clasificación en función de los diferentes tipos generales de usos de suelo en las costas españolas:
 - *Uso industrial* (Malo): por contaminación, interferencia en los recursos hídricos, frecuentación del litoral con actividades pesadas, por vibraciones y ruidos intensos.
 - *Uso turístico/recreativo masivo* (Malo): por tránsitos densos en la costa, actividades constructivas poco racionales, modificación de los flujos hídricos, contaminación, etc.
 - *Uso turístico/recreativo de baja densidad o poblamiento rural* (Desfavorable): por tránsitos costeros relativamente densos, anomalías constructivas y modificación de flujos hídricos e interferencia en la fauna y la vegetación.
 - *Usos urbanos y residenciales densos* (Malo): por contaminación, interferencia en los recursos hídricos, frecuentación del litoral con actividades pesadas, por vibraciones y ruidos intensos.
 - *Usos forestales o agropecuarios intensivos* (Desfavorable): contaminación, transformación de la cubierta vegetal y las comunidades faunísticas naturales; favorecimiento de los fenómenos de bioclastia; erosiones derivadas de la extracción maderera, etc.
 - *Usos agropecuarios extensivos* (Desfavorable/Favorable): contaminación, transformación de la cubierta vegetal, frecuentación en los bordes costeros.
 - *Usos forestales tradicionales* (Desfavorable/Favorable): bioclastia, transformación de la cu-

bierta vegetal, frecuentación de los bordes costeros.

- *Usos de protección de la naturaleza* (Favorable): relativa protección y límite a las actividades humanas, pero existe peligro de no cumplir la legislación o de recalificaciones de terreno a partir de intereses socioeconómicos. Riesgo potencial.
- *Ausencia de ocupación humana* (Muy favorable): es la situación más positiva con respecto al factor humano, pues es en la que menos efectos negativos tiene el desarrollo de las actividades socioeconómicas regionales.

C.1.2) Densidad de ocupación

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: recomendable.
Este concepto nos da una idea de qué espacios quedan libres de influencias antrópicas negativas, físicas y directas, y qué espacios muestran diferentes grados de interferencia en los procesos naturales desarrollados en el litoral. Correspondería realizar un estudio concreto para cada región natural y niveles de corte inferiores, para dilucidar los umbrales a considerar, de cara a establecer una clasificación de densidades de ocupación, puesto que las capacidades de carga varían en cada territorio en función de sus características físicas. Sólo podemos hacer referencia, pues, a una clasificación cualitativa general.
- c) Propuesta de métrica: establecer la densidad de ocupación de elementos antrópicos, no vivos; es decir, carreteras, viviendas, naves industriales, establecimientos turísticos e infraestructuras de otros tipos, sobre el total de superficie de la franja costera de los 500 m desde la línea de costa. Se aplica la franja más restrictiva y amplia de las legislaciones españolas, en este caso la gallega, que ha propuesto en proyecto esta distancia, la cual se llevará a la práctica con la redacción del *Plan de Ordenación del Litoral a redactar en el bienio 2008-2009*.
- d) Procedimiento de medición: los procedimientos de medición deben comportar la fotointerpretación sobre imágenes aéreas georreferenciadas con la mayor actualidad posible. Se recomienda llevar a cabo un vuelo para los tramos de costa de la red de muestreo de cuevas. De no ser posible, se recomienda la utilización de diferentes vuelos que recojan la información más reciente, debido

a los intensos cambios que está experimentando el litoral español.

- e) Estado de conservación:
 - *Densidades de ocupación humana altas* (Malo/Muy desfavorable): desarrollo variado e intenso de actividades que comportan erosión y desequilibrio de los ecosistemas costeros.
 - *Densidades de ocupación humana medias* (Desfavorable): desarrollo de algunas actividades, más o menos de manera intensa o con impacto asegurado, que comportan problemas de erosión, contaminación y desequilibrio ecosistémico en algunos sectores del litoral.
 - *Densidades de ocupación humana bajas* (Favorable/Desfavorable): desarrollo de alguna/as actividades que producen problemas de erosión, contaminación o desequilibrio ecosistémico de tipo puntual en los sectores de costa escenario de las mismas.
 - *Mínima* (actividades tradicionales poco pesadas) o *Nula ocupación humana del litoral* (Favorable): buen estado de conservación en general, por poca presión en el litoral. Los impactos ocasionales o puntuales, normalmente blandos, pueden ser corregidos por el propio sistema natural costero.

C.2) Actividades industriales

Las actividades industriales tienen cada vez un mayor peso en los impactos humanos sobre el litoral, debido al basculamiento de las actividades humanas a la franja costera y a las competencias locales que llevan a una planificación industrial de tipo municipal. Esto significa una atomización de los suelos e infraestructuras industriales que ocupan, en no pocos casos, frentes costeros sedimentarios o rocosos. A ello se refieren los dos subtipos de variables que se anotan a continuación.

C.2.1) Ocupación física de las vertientes acantiladas

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La producción energética e industrial está encontrando en la costa uno de sus lugares predilectos para desarrollarse. La cercanía de grandes poblaciones y sistemas portuarios potentes resulta atractivo para los asentamientos de industrias

y polígonos de servicios en los frentes costeros. La ocupación física del litoral por este tipo de actividades lleva parejo el aumento de las agresiones físicas sobre el ecosistema costero, tanto en lo que se refiere a la biota como a la evolución geomorfológica de dunas y acantilados. Granjas acuícolas, polígonos de aerogeneradores, plataformas logísticas, refinerías, centrales térmicas, desgasificadoras, se multiplican por nuestras costas provocando graves procesos erosivos e interferencias en los lazos ecosistémicos. Los acantilados no son ajenos a estas potenciales erosiones y degradaciones, que son capaces de dinamizar las laderas costeras a base de deslizamientos, desprendimientos o fosilizaciones artificiales.

- c) Propuesta de métrica: identificación de los elementos antrópicos de tipo industrial en las vertientes costeras, o en las franjas próximas a las mismas, clasificación tipológica y correlación con huellas de inestabilidad en la costa rocosa. Catálogo y conclusión de los tipos de elementos o actuaciones más impactantes en los frentes acantilados.
- d) Procedimiento de medición: fotointerpretación y cartografía de las actividades y establecimientos industriales que afectan a las vertientes costeras y los techos de los acantilados. Cartografía de los signos de inestabilidad. Superposición de capas de información en un SIG y análisis de correlaciones y procesos directos causa (actividad industrial en la costa)-efecto (desestabilización o contaminación).
- e) Estado de conservación:
 - *Vertientes o techos de acantilado con ocupación industrial y tránsito de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dicha actividad (Malo):* la inestabilidad de los frentes rocosos, la contaminación de las aguas costeras y la degradación del ecosistema son sólo cuestión de tiempo.
 - *Vertientes o techos de acantilado con presencia de actividades industriales pero sin tránsito evidente de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dichas actividades (Desfavorable):* la inestabilidad de los frentes rocosos, la contaminación de las aguas costeras y la degradación del ecosistema son sólo cuestión de tiempo, pero pueden ser de inferior rango si se evacúan las sustancias nocivas y se desplaza hacia el interior el tráfico pesado.
 - *Vertientes y techos de acantilado sin actividad industrial próxima ni tránsito de sustancias, ve-*

hículos o desechos relacionados con esas actividades (Favorable): no existen impactos potenciales y la función y la estructura del ecosistema no se ven ni afectadas ni degradadas por este factor.

C.2.2) Vertidos industriales

- a) Tipo: característica funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
- c) Propuesta de métrica: identificar los flujos contaminantes hacia el mar en los polígonos industriales. También se entienden como puntos de contaminación a incluir en este apartado los vertederos urbanos costeros que vierten directamente al mar. Algunos, en las vertientes que miran al mar en lugares poco visibles desde las zonas pobladas que los mantienen, siguen contaminando a través de sus lixiviados durante décadas. Se deben identificar también las piscifactorías costeras, que se están convirtiendo en un problema serio de transformación de las aguas costeras a través de los circuitos de alimentación y expulsión de aguas residuales. Los perniciosos efectos de la contaminación industrial, por vertidos directos costeros están más que demostrados, con profunda alteración del medio biótico, y ello llega incluso al ser humano a través de la cadena alimenticia. Un ejemplo famoso es el de la Bahía de Minimata, en Japón, donde el vertido de compuestos de mercurio procedentes de la producción de acetildehído pasó de las almejas al ser humano con graves intoxicaciones en cientos de pacientes entre 1955 y 1970 (Heinrich & Herat, 1990).
- d) Procedimiento de medición: se puede establecer una red de muestreo de puntos contaminantes en los emisarios o cursos fluviales afectados por la actividad industrial próxima al mar. Parece interesante también realizar una red de muestreo para la toma de muestras para ser posteriormente analizadas químicamente. Esta red de muestreo deberá contar con puntos de análisis en los diferentes tramos elegidos para la red de muestreo general, pues así se permite integrar datos de otros factores para obtener una visión geosistémica de algunas localidades claves en el litoral cántabro y noroccidental de la península.
- e) Estado de conservación:
 - *Vertientes o techos de acantilado con ocupación industrial, vertederos urbanos o piscifactorías, y*

de tránsito de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dicha actividad (Malo): la inestabilidad de los frentes rocosos, la contaminación de las aguas costeras y la degradación del ecosistema son sólo cuestión de tiempo.

- *Vertientes o techos de acantilado con presencia de actividades industriales, vertederos urbanos o piscifactorías, pero sin tránsito evidente de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dichas actividades* (Desfavorable): la inestabilidad de los frentes rocosos, la contaminación de las aguas costeras y la degradación del ecosistema son sólo cuestión de tiempo, pero pueden ser de inferior rango si se evacúan las sustancias nocivas y se desplaza hacia el interior el tráfico pesado.
- *Vertientes y techos de acantilado sin actividad industrial ni de vertederos urbanos, ni piscifactorías, próxima ni tránsito de sustancias, vehículos o desechos relacionados con esas actividades* (Favorable): no existen impactos potenciales y la función y la estructura del ecosistema no se ven ni afectadas ni degradadas por este factor.

C.3) Actividades residenciales

Este apartado se refiere a las degradaciones ambientales y las inestabilidades costeras derivadas de la ocupación residencial de las costas, cada vez más intensa y problemática en las costas españolas. El 25% de la costa peninsular es artificial, mientras que el 60% de las playas mediterráneas se encuentra en entornos urbanizados y el 50% de la longitud de las mismas necesita de actuaciones de recuperación, esperándose que en el año 2050 el retroceso medio de la costa española sea de unos 15 m (López Bedoya, 2008 (inédito)).

C.3.1) Construcciones residenciales

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.

En este apartado de construcciones residenciales incluimos todas aquellas edificaciones que no sean de tipo industrial, incluyendo turísticas y de vivienda costera, además de infraestructuras relacionadas con las mismas, como aparcamientos o vías de comunicación de acceso a las áreas residenciales del litoral.

- c) Propuesta de métrica: análisis del impacto físico sobre el ecosistema de acantilado por parte de las construcciones residenciales existentes en el litoral. Localización de las viviendas en la franja costera, densidad de las mismas, población que soportan y construcciones adjetivas que promueven. Relacionar estos elementos con los tipos de inestabilidad en las vertientes o techos de acantilados próximos a estas viviendas y con las degradaciones en el ecosistema costero.
- d) Procedimiento de medición: fotointerpretación a partir de los vuelos más recientes posibles de la ocupación residencial costera. Se pueden establecer índices de densidad y porcentaje de superficie ocupada en la franja costera de los 200 m. Se deben realizar trabajos de ocupación evolutiva a partir de vuelos de diferentes épocas. El banco de datos sobre la identificación de problemas de inestabilidad costera y frecuentación de espacios sensibles se debe de realizar a partir de trabajo de campo en aquellas zonas elegidas como puntos de referencia para analizar el impacto de las actividades residenciales costeras en la evolución de los acantilados. Integración de los datos obtenidos en un SIG que permita utilizar toda la información de manera georreferenciada y actuar sobre el territorio en consecuencia.
- e) Estado de conservación:
 - *Existencia de polígonos de viviendas u ocupación densa de viviendas de promoción individual en la franja costera de los 200 m desde el límite del acantilado, alcanzando la primera línea de costa* (Malo): son los tramos de costa más degradados, urbanizados y con gran presión sobre el ecosistema y la estabilidad de los frentes acantilados. Suelen aparecer deslizamientos o desprendimientos, además de ser necesarias obras de protección del litoral para salvaguardar las construcciones de la erosión y el retroceso costero. En consecuencia, estas obras de protección, que suelen fosilizar las paredes del frente costero, acaban por degradar el geosistema.
 - *Presencia de viviendas de residencia secundaria turística o de primera residencia en primera línea de costa, con densidades bajas pero instaladas en la franja de los 200 m desde el acantilado* (Muy desfavorable): casa en el borde del acantilado, por lo que la estabilidad del mismo está en entredicho y puede sobrevenir en cualquier momento, con el consecuente ries-

go para el ecosistema y para los bienes inmuebles y la vida de las personas.

- *Ausencia de construcciones residenciales en la primera línea de costa, con presencia de densidades bajas en la franja de los 200 m desde el límite del acantilado* (Desfavorable): no existen riesgos evidentes de inestabilidad en los acantilados debido a estas construcciones, pero el uso de la costa en estos espacios es elevado por la cercanía de las viviendas y los riesgos potenciales siguen siendo altos.
- *Ausencia de construcciones de tipo residencial, tanto en primera línea de costa como en la franja de los 200 m desde el límite del acantilado* (Favorable): no existen problemas potenciales de inestabilidad o degradación del ecosistema. Cada vez son menos los tramos que disfrutan de esta situación.

C.4) **Modificación de los flujos hídricos continentales**

Transformación de las escorrentías naturales superficiales y subsuperficiales de manera artificial en beneficio de la habitabilidad del ser humano en la costa. Interferencias en las aguas potables para su captación, interferencia de las mismas aprovechando sus cauces naturales para enviar aguas residuales canalizadas al mar, generación de nuevos emisarios a través de acantilados bajos, contaminaciones diversas, etc.

Se trata de un fenómeno con un alcance superior al observable directamente y cuyos efectos se pueden manifestar años después de la modificación antrópica, derivando en erosiones, degradaciones de las comunidades vivas y envenenamiento de aguas costeras.

C.4.1) *Modificación de los cursos de aguas superficiales*

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.

Uno de los principales problemas derivados de la ocupación humana de los litorales y su interferencia en los flujos hídricos, es la modificación de la escorrentía superficial, lo que nos conduce a no pocos problemas de tipo medioambiental y erosivo. El poblamiento del litoral, o su ocupa-

ción para ocio o producción de bienes de consumo, lleva a la domesticación y ordenación artificial de los flujos hídricos. Ríos, arroyos costeros o simplemente la escorrentía superficial se ven desviados, concentrados o captados para el uso de las instalaciones de residencia o esparcimiento. La consecuencia sobre los acantilados suele comportar erosión o una ralentización en la evolución de las formas. La concentración de aguas pluviales para salvaguardar de humedades y encharcamientos nuevas áreas urbanizadas, provoca erosiones puntuales en los acantilados que se pueden convertir finalmente en procesos degradativos muy intensos, o pueden dismantelar geoformas internas, como cuevas, a partir de colapsos en los techos. El redireccionamiento o desvío de aguas costeras deteriora algunos tipos de hábitat y condiciona la evolución de los acantilados, impidiendo el desarrollo de algunas asociaciones animales y vegetales.

- c) Propuesta de métrica: inventariado de todo tipo de causas de modificación de aguas superficiales en tramos acantilados, analizando los efectos sobre los mismos. Identificación de puntos con erosión derivada de concentración de aguas costeras y modificación del tipo de hábitat por eliminación de arroyadas difusas en los frentes rocosos de áreas habitadas.
- d) Procedimiento de medición: utilización de registros de actividades urbanísticas que contemplen la actuación sobre aguas superficiales; control de caudales en condiciones naturales y caudales concentrados en obras de canalización de pluviales. Localización de receptores y emisarios de aguas residuales. Inventariado de eliminación y/o canalización de pequeños y medianos cauces costeros. Correlación con cartografía SIG de puntos de inestabilidad de acantilados con las localizaciones de las interferencias en los flujos hídricos naturales costeros. Implementación en una cartografía de recursos hídricos costeros.
- e) Estado de conservación: se hará en función de la tipología de modificación y de los potenciales riesgos para el geosistema costero.

- *Lugares con concentración de aguas superficiales de escorrentía y/o canalización o modificación de cursos hídricos pequeños o medianos* (Malo): posibles erosiones sobre los acantilados que llevan a la destrucción parcial de sus tipos de hábitat o contribuyen a la interrupción de los flujos o corredores ecológicos.

- *Lugares con generación de nuevas redes de emisarios con aguas residuales y/o utilización de cursos naturales existentes para expulsar aguas utilizadas previamente por el ser humano* (Desfavorable): problemas de contaminación en el medio costero que pueden degradar la biota del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas y otros originales del litoral.
- *Lugares libres de afecciones sobre los recursos hídricos superficiales* (Favorable): los tipos de hábitat costeros se desarrollan y evolucionan de manera natural en lo que respecta a este parámetro de valoración de la estructura y la función.

C.4.2) *Modificación de los acuíferos y de los flujos de agua subsuperficiales*

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
Es la otra variable a tener en cuenta en la modificación de los flujos hídricos costeros. La captación en acuíferos próximos al mar y la modificación de la circulación hipodérmica y de las aguas subterráneas lleva a problemas graves en la evolución de los acantilados y del ecosistema litoral.
- c) Propuesta de métrica: localización de las redes de drenaje naturales subterráneas y de las interferencias humanas sobre las mismas, además de sus consecuencias sobre la estabilidad de acantilados.
- d) Procedimiento de medición: medición de caudales subterráneos, con medición de inputs/outputs hídricos en las costas karstificadas. Inventariado de acuíferos próximos a la costa y de sus modos de vaciado hacia el mar, mediante el uso de testigos cromáticos y otros métodos. Inventariado de pozos y traídas de aguas litorales y medición de los caudales extraídos anualmente en los mismos, además de analizar su relación con sus manantiales fuente.
Estudio de la circulación hipodérmica en los acantilados costeros y del potencial de filtración de los diferentes materiales calizos, silíceos o sedimentarios, enfrentando casos sin interceptación artificial aparente con otros claramente afectados por la actividad humana. Relacionar con la existencia de deslizamientos, desprendimientos o caídas de bloques por la saturación hídrica en el edificio rocoso.

e) Estado de conservación:

- *Tramos costeros con traídas locales comunitarias o con un número elevado de pozos u otro tipo de captación de aguas subterráneas para consumo humano* (Malo): modificación de la circulación hídrica subsuperficial que puede llevar a erosiones y modificaciones en la composición biótica del litoral.
- *Tramos costeros sin sistemas de captación comunitaria ni un número elevado de captaciones individuales de aguas subterráneas, pero con modificaciones evidentes de la red de drenaje subsuperficial* (Desfavorable): modificación parcial de la circulación hídrica subsuperficial y posible degradación de comunidades vegetales y animales litorales. Pueden sobrevenir erosiones puntuales en algunos frentes acantilados por desviación de caudales.
- *Tramos costeros sin afectación aparente de los recursos hídricos subterráneos* (Favorable): el ecosistema se mantiene en buen estado y no existen modificaciones artificiales de las circulaciones hídricas subsuperficiales, no induciendo a erosiones relacionadas con este factor.

C.5) **Actividades turísticas**

Las actividades turísticas se están convirtiendo en uno de los mayores problemas para el mantenimiento de los ecosistemas litorales. Prácticas constructivas abusivas, ocupación de dunas y de bordes de acantilados, construcción de vías de alta capacidad, concentración de intensas agresiones físicas sobre vegetación y fauna en un tiempo reducido, etc. no sólo son provocadas por los patrones tradicionales de turismo de sol y playa, sino que también se desarrollan, con menor intensidad, con la existencia de turismo contemplativo o “verde”. Algunos tramos acantilados, principalmente por la existencia de espectaculares geoformas internas, como cuevas, farallones, bufaderos, islotes, etc., se han convertido en reclamos turísticos asumiendo la llegada de numerosos visitantes. Las dificultades de acceso a algunos tramos con gran belleza ha sido dulcificada mediante la construcción de infraestructuras denominadas de “tipo blando”, pero que también han comportado problemas erosivos. Aparecen así los siguientes problemas o variables que influyen en el correcto estado de conservación de los trechos acantilados de mayor renombre en la costa cantábrica y gallega,

muchos de ellos bajo los auspicios de figuras de protección, que no han servido para preservar su correcto funcionamiento ecosistémico.

C.5.1) *Sobrefrecuentación de la base de los acantilados*

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La llegada de turistas, deportistas y visitantes en general a los acantilados, conlleva la degradación de los mismos. Puede desaparecer la base arenosa que protege de los oleajes dichos frentes rocosos, como demuestra para ambientes de acantilado con playas al pie Roig i Munar *et al.* (2008), en la isla de Menorca. También se pueden provocar agresiones o degradaciones involuntarias de las comunidades animales y vegetales, como el arranque de especies comestibles o la simple extracción, para tratamientos de salud, de algunas algas. Por ello, la sobre-frecuentación de la base de los acantilados se convierte en un parámetro importante para medir la estabilidad y estructura y la función de los acantilados.
- c) Propuesta de métrica: análisis de las consecuencias negativas de la frecuencia de tránsito humano en la base de los acantilados, tanto sobre la estabilidad morfológica como sobre las comunidades vivas.
- d) Procedimiento de medición: trabajos de inventariado animal y vegetal en diferentes tipos de acantilados, frecuentados y no frecuentados, para la obtención de diferencias en la biodiversidad interna de los mismos que pueda aportar una conclusión acerca del peso de este factor de ingerencia antrópica en la estabilidad de los frentes rocosos costeros.
- e) Estados de conservación:
 - *Base de acantilados frecuentados por el turismo o las actividades deportivas* (Malo): puede llegar a desvirtuarse profundamente tanto la morfología del acantilado como sus comunidades vivas.
 - *Base de acantilados no frecuentados por el turismo o las actividades deportivas, pero visitadas por el ser humano* (Desfavorable): puede verse alterada la estabilidad formal del acantilado y de sus habitantes.
 - *Base de acantilados "vírgenes" o raramente visitados* (Favorable): se desarrollan las comuni-

dades vivas más puras y la evolución natural del acantilado está asegurada desde este punto de vista.

C.5.2) *Sobrefrecuentación de los techos de los acantilados*

- a) Tipo: característica estructural/funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
El desequilibrio en acantilados por sobre-frecuentación no sólo sobreviene del tránsito a su pie. La frecuentación de los techos de los acantilados, que contienen grutas u otras muescas de debilidad como fallas, sobresaturación hídrica, etc., puede influir negativamente en la estabilidad geomorfológica de los mismos. En efecto, como anotara Van Waerbeke (1999), el pisado de los techos de los acantilados puede llevar a modificaciones en la escorrentía superficial y subsuperficial y provocar tensiones y tracciones que llevan al desmantelamiento de las geoformas costeras. Las vibraciones y los pesos sobre los techos de los frentes rocosos costeros pueden acabar por hacer evolucionar las vertientes, modificando el tipo de hábitat.
- c) Propuesta de métrica: análisis de las consecuencias negativas sobre la estabilidad morfológica de los acantilados por la frecuencia de tránsito humana en sus techos.
- d) Procedimiento de medición: se pueden realizar contabilidades sencillas con el número de personas y de vehículos que acceden a lugares que se considera que pueden influir en la estabilidad de los acantilados por la existencia de líneas de debilidad próximas. El estudio puede realizarse en momentos de gran afluencia turística, pero también en períodos en los que las actividades locales tradicionales son el principal tránsito sobre las vertientes en cuestión.
- e) Estado de conservación:
 - *Techos de acantilados frecuentados por el tránsito elevado de personas y/o vehículos* (Malo): puede llegar a colapsar parte del frente rocoso y degradar el tipo de hábitat.
 - *Techos de acantilados no frecuentados por el tránsito de personas o vehículos pero con algunos pasos ocasionales* (Desfavorable): puede verse alterada la estabilidad formal del acantilado, al menos parcialmente.
 - *Techos de acantilados inaccesibles o sin tránsito de personas o vehículos a lo largo del año* (Favo-

able): se favorece el mantenimiento natural del tipo de hábitat.

C.5.3) Construcciones

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
Las construcciones en el litoral llevan pareja la modificación de los flujos hídricos, de las presiones sobre los frentes acantilados, o la propia desaparición de las cuevas costeras. Existen construcciones residenciales, de tipo industrial o de pesquería tradicional, que han supuesto la desaparición física de cuevas que, puesto que una vez levantadas las edificaciones, la evolución del frente rocoso puso en peligro las inversiones privadas o públicas.
- c) Propuesta de métrica: elaboración de una cartografía de riesgos inducidos por la construcción de edificios próxima al frente costero y por el levantamiento de muros defensivos en las proximidades de las cuevas. La protección de estos muros *in situ* puede provocar erosiones próximas que afecten a las cuevas. Determinación de una cartografía en zona de agrupación de cuevas que indique la franja de protección que necesitan para actividades humanas pesadas en función de la proyección continental de la cavidad. Un trabajo de este estilo fue desarrollado en Ribadeo por López Bedoya y Pérez Alberti, presentado posteriormente en López Bedoya & Pérez Alberti, 2006.
- d) Procedimiento de medición: surge de la fotointerpretación de construcciones antrópicas y la localización y cartografiado de las cuevas costeras. Su combinación en un SIG lleva a la obtención de una cartografía de riesgos adaptada a cada sector, pudiendo establecer un *buffer* de protección, tanto de cuevas como de construcciones en el litoral.
- e) Estado de conservación:
 - *Construcciones al borde del acantilado* (Malo): afectan a los techos de las cuevas y los procesos erosivos derivados de estas construcciones, o la evolución de las cuevas, puede provocar un claro conflicto de usos en el litoral.
 - *Construcciones en una franja de 100 m desde el límite del acantilado* (Muy desfavorable/Malo): dependiendo de la proyección continental de las cuevas. Suelen influir en las cuevas pero no son definitivos para la destrucción

de las mismas o para que éstas pongan en peligro las construcciones. Si las cavidades, especialmente en medio calizo, se proyectan notablemente hacia el interior se pasaría directamente a la categoría de “Malo”.

- *Litoral libre de construcciones* (Favorable): no existen interferencias ni conflictos de usos, por lo que la evolución de las cuevas no afecta a las construcciones ni éstas degradan el tipo de hábitat que nos ocupa.

C.6) Interferencias en los tránsitos sedimentarios litorales

Las coberturas sedimentarias del intermareal actúan como estabilizadores de aquellos acantilados que cuentan con este factor de protección, especialmente aquéllos que contienen un arenal en la base. La desaparición de estas acumulaciones sedimentarias puede acelerar el proceso erosivo de los frentes rocosos y provocar su desmantelamiento. Las situaciones que siguen se centran cualitativamente en esa posibilidad.

C.6.1) Interferencias en la red fluvial

- a) Tipo: característica estructural.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
La construcción de embalses ha llevado a la degradación de numerosos complejos sedimentarios costeros, incluyendo playas al pie de acantilados, que después se ven seriamente afectados por esa desprotección sedimentaria de base (López Bedoya & Pérez Alberti, 2006). Fenómenos de este tipo han sido constatados en numerosas costas del planeta, siendo muy susceptibles algunos tramos costeros del Mediterráneo y del Cantábrico, debido a la actuación de derivas litorales muy estables y prolongadas en el tiempo. La consecuencia final es que las playas de pie dejan de recibir aportes sedimentarios suficientes, entran en recesión y su desequilibrio acaba por hacerlas desaparecer ante una serie de tormentas encadenadas.
- c) Propuesta de métrica: detección e identificación de las células sedimentarias costeras y de los flujos hídricos continentales que afectan a sectores de costa con acantilados que contienen playas al pie. Elaboración de una lista de las interrupciones en los cursos hídricos que pueden comportar

un déficit sedimentario en el exutorio marino de los mismos y afectar así a las diferentes células dependientes del aporte arenoso de estos cursos fluviales.

d) Procedimiento de medición: identificación cualitativa y cálculo de volúmenes sedimentarios retenidos, mediante estudios en presas y en las células sedimentarias costeras de las que dependen los tramos acantilados que se elijan para el presente estudio.

e) Estado de conservación:

- *Existencia de presas* —u otras obras de corte de flujos sedimentarios fluviales continentales— *en los grandes ríos conectados sedimentariamente con los tramos costeros de estudio* (Malo): probable aceleración de la erosión de los acantilados por desaparición de la protección arenosa que amortigua los oleajes de tiempo tormentoso.

- *Existencia de presas* —u otras obras de corte de flujos sedimentarios fluviales continentales— *en algunos de los cursos fluviales que alimentan las células en las que se encuentran los tramos costeros de estudio* (Muy Desfavorable / Desfavorable): puede reducir los aportes sedimentarios a las playas que protegen la base de los acantilados, por lo que pueden surgir problemas erosivos que aceleren la erosión y desmantelamiento de acantilados en metaestabilidad o con una estabilidad aparente.

- *Cursos fluviales conectados sedimentariamente con los tramos costeros de estudio libres de presas* —u otras obras de corte de flujos sedimentarios fluviales continentales— (Favorable): permite el mantenimiento natural de los tránsitos sedimentarios y los acantilados no sufrirán riesgo de aceleración erosiva por este factor.

C.6.2) Interferencias físicas en la línea de costa

a) Tipo: característica estructural.

b) Aplicabilidad: obligatoria.

Las interferencias en las derivas litorales y las corrientes costeras, elementos distribuidores de los sedimentos expulsados por los ríos y erosionados de los acantilados a lo largo de la costa, llevan a la destrucción de complejos sedimentarios costeros, consistentes en complejos playa-duna, o simplemente en arenales de pie de acantilado. Son estos últimos, principalmente, los que se

ven afectados por los cortes en los tránsitos costeros derivados de la construcción de espigones, escolleras, etc. La retención de sedimentos se demuestra por el engrosamiento de los arenales anteriores a la obra portuaria en el sentido de la deriva, y el adelgazamiento de las playas posteriores a la obra en el mismo sentido.

c) Propuesta de métrica: detección e identificación de las células sedimentarias costeras y de los flujos sedimentarios principales que afectan a la alimentación arenosa de sectores de costa en los que existen acantilados con playas al pie. Se debe elaborar una lista de las interrupciones en el frente costero que pueden comportar un déficit sedimentario en las playas que protegen algunos tramos acantilados costeros que puedan parecer significativos de cara a la selección de una red de muestreo específica.

d) Procedimiento de medición: identificación cualitativa y cálculo de volúmenes sedimentarios retenidos mediante el análisis de acreción/erosión en las proximidades de espigones costeros. También se deben valorar cuantitativamente los input/output sedimentarios en las células costeras de las que dependen los acantilados de los tramos elegidos para estudio.

e) Estado de conservación:

- *Existencia de espigones de gran envergadura* —u otras obras portuarias de corte de flujos sedimentarios en la costa— (Muy mala/ Mala): probable aceleración de la erosión en los tramos acantilados por desaparición de la protección arenosa que amortigua los oleajes de tiempo tormentoso.

- *Existencia de espigones* —u otras obras portuarias de corte de flujos sedimentarios en la costa— *menores en las células sedimentarias o en las derivas de alimentación en los tramos costeros de estudio* (Desfavorable): puede reducir los aportes sedimentarios a las playas que protegen la base de los acantilados, por lo que pueden surgir problemas erosivos que aceleren la erosión y desmantelamiento de las citadas vertientes o paredes rocosas.

- *Células sedimentarias conectadas con los tramos de costa de estudio libres de actuaciones portuarias que corten las derivas litorales* (Favorable): permite el mantenimiento natural de los tránsitos sedimentarios y los acantilados no sufrirán riesgo de aceleración erosiva por este factor.

C.7) Contaminación

En este grupo se suman diferentes tipos de contaminación, que hemos reagrupado en tres apartados generales que hacen referencia a los tipos más habituales de polución marina.

C.7.1) Polución por hidrocarburos

- a) Tipo: característica funcional.
b) Aplicabilidad: obligatoria.

El efecto de los hidrocarburos en las costas y la sensibilidad de éstas a los vertidos ha sido bien estudiado, por ejemplo NOAA (1979-2002), Gundlach & Hayes (1978), Hayes, & Michel Fichaut (1991), López Bedoya & Pérez Alberti (2004 y 2008), Berthe Corti & Poner (2005), Balaguer Huguet *et al.* (2006). Los hidrocarburos son una fuente especial de contaminación, cuyos efectos negativos están profundamente analizados y no son someros. Estos residuos pueden llegar a mantenerse durante décadas, en función del ambiente geomorfológico, impidiendo el desarrollo de las comunidades vivas y convirtiéndose

en costras asfálticas —a modo de una especie rocosa organógena— que llegan a prolongarse en las costas de manera indefinida mientras la acción erosiva del mar no las desmantela como cualquier otra roca. Un ejemplo clave de las graves consecuencias de las mareas negras sobre los seres vivos que habitan en las costas rocosas es el de las aves. Las aves que se posan sobre el agua, como casi todas las gaviotas, corren un peligro extremo. Las aves como el Alca torda y el frailecillo confunden las manchas de petróleo con comida y se intoxican (Heinrich & Herat, 1990). Además, el petróleo se adhiere al plumaje, atravesando el aislamiento térmico. Para conservar el calor del cuerpo, se eleva el metabolismo, con lo que se consumen las reservas de grasa; el ave muere por agotamiento; mediante las tareas de limpieza el petróleo se extiende sobre las plumas o bien llega al conducto gastrointestinal (*op. cit.*). Por poner otro ejemplo, presentado por los mismos autores, entre 1960 y 1978, en las costas bretonas, se produjo la siguiente evolución de las nidadas de aves, claramente afectada por los vertidos de los buques Torre Canyon, en 1967 y Amoco Cádiz, 1978:

Especie	N.º anidamientos			N.º anidamientos				1978
	1960	1965		1967	1973	1977		
Arao común	400	200	Torre Canyon Mar/abr 1967	50	140	200	Amoco Cádiz Abril 1978	130
Alca común	350	340		40	20	60		35
Frailecillo	3.000	2.000		240	360	430		240

Tabla 3.1

Evolución de las nidadas de aves en las costas bretonas, claramente afectadas por los vertidos de los buques Torre Canyon (1967) y Amoco Cádiz (1978).

- c) Propuesta de métrica: análisis de la persistencia de hidrocarburos en las costas rocosas de la Península Ibérica, en especial las de aquellos tramos costeros en los que se repiten los desastres de derrames de petróleo. Según WWF/Adena, las costas más sensibles en función de la potencialidad de derrame son: la costa gallega; los alrededores de la localidad de Múskiz, en el País Vasco; la costa andaluza desde Huelva hasta la Punta sabinar en Almería, especialmente la próxima a la Bahía de Algeciras; del Cabo de Gata al Cabo Santa Pola; las Islas Baleares; y la costa próxima a los puertos de Castellón y Tarragona, en general desde Sagunto hasta Barcelona.
- d) Procedimiento de medición: realización de análisis químicos, de detección de hidrocarburos, y físicos, de localización de costras, realizando el mapa español de huellas de contaminación por hidrocarburos.
- e) Estado de conservación: la presencia de hidrocarburos es negativa para el desarrollo de las comunidades vivas de las costas rocosas, en especial de los ambientes intermareales, por lo que se establecerá que la presencia de hidrocarburos es negativa, y su ausencia positiva para los habitantes animales y vegetales de los frentes acantilados y, en especial, como se ha dicho, para los que pueblan los roquedos entre la marea alta y la baja, además de los de la franja de salpicaduras:

- *Presencia de altos índices de contaminación por hidrocarburos* (Muy mala/Mala): con especial incidencia para las costas rocosas recortadas y plataformas rocosas irregulares, pues ambas son trampas sedimentarias. López Bedoya & Pérez Alberti, 2004 y 2008, presentan estos ámbitos como intensificadores de la sensibilidad de las costas ante un posible derrame de petróleo.
- *Presencia de contaminación por hidrocarburos* (Desfavorable): la presencia ocasional de petróleo, y sus derivados, es muy habitual en cualquier tipo de costa. Se derivan de los vertidos y pequeños derrames de petróleos, aceites en alta mar o vertidos en puerto por parte de petroleros o cualquier tipo de barco que utilice combustibles fósiles para desplazarse. Igualmente, las actividades portuarias favorecen los derrames desde tierra, siendo las comarcas próximas a los grandes puertos las mayores perjudicadas, como ha demostrado WWF/Adena.
- *Ausencia de contaminación por hidrocarburos* (Favorable): ello permite un correcto desarrollo de las comunidades vegetales y animales de las costas rocosas, incluyendo las bioindicadoras más sensibles a la contaminación.

C.7.2) Sustancias químicas

- a) Tipo: característica funcional.
- b) Aplicabilidad: obligatoria.
Interesa realizar una red de seguimiento de las incidencias que la contaminación costera puede tener sobre las costas rocosas, en general, y acantiladas, en particular. Interesa analizar la degradación de las comunidades vivas y la reducción de su potencial desarrollo geográfico. Heinrich & Herat, 1990, anotan que la contaminación de las aguas en la proximidad de las ciudades y de las desembocaduras de los ríos, conduce a una pernicioso y, apenas apreciable, alteración en la composición por especies, que finalmente lleva a la desaparición de las mismas.
- c) Propuesta de métrica: se trata de medir la carga de las sustancias contaminantes en la fase biótica y abiótica del tipo de hábitat, para ver qué influencias tiene en el medio vivo.
- d) Procedimiento de medición: este seguimiento puede realizarse de dos maneras diferentes, según Carballeira *et al.*, 1997: mediante biomoni-

torización activa, que consiste en la exposición controlada de organismos o comunidades en condiciones de campo —*in situ*— mediante técnicas de trasplante, o en condiciones de laboratorio —*in vivo*—, mediante técnicas de bioensayo; o, como segunda posibilidad, mediante biomonitorización pasiva, en la que los organismos o comunidades analizados son autóctonos (nativos) de la zona de estudio.

A nuestro entender, es más interesante desarrollar un sistema de biomonitorización activa en el campo, realizando mediciones y obteniendo muestras de sedimento y muestras vivas de organismos para determinar el contenido en metales pesados.

Se propone, así, el uso de índices de contaminación, como los presentados por Carballeira *et al.*, 1993, siguiendo a Håkanson, 1980, de los cuales se escoge, para su presentación en esta ficha, el del Factor de Contaminación, por su sencillez y la necesidad de que sea aplicado de manera generalizada en ámbitos muy diferentes:

- *Factor de Contaminación:*

$$FC = Ce / CeNF$$

Donde:

FC = Factor de Contaminación.

Ce = Concentración del elemento de la muestra.

$CeNF$ = Concentración del elemento correspondiente a su Nivel de Fondo.

Así, la costa se podría clasificar como:

- $FC < 1$, contaminación Ausente o Baja.
- FC mayor o igual que 1 y menor que 3, contaminación Moderada.
- FC mayor o igual que 3 y menor que 6, contaminación Considerable
- FC mayor o igual que 6, contaminación Muy Alta.

Además, estos autores aportan otros índices más complejos y que hacen referencia a:

- El riesgo ecológico potencial en función de los diferentes tipos de material:
 - *Factor de Riesgo ecológico* (FRE).
 - *Índice de Riesgo Ecológico Potencial* (IREP).

- La bioproducción en función de la respuesta tóxica (FRT):
 - *Factor de Sensibilidad-Índice de Bioproducción*
 - La toxicidad acumulada en los materiales sedimentarios:
 - *Factor de toxicidad sedimentológica (FTS)*
- e) Estado de conservación: en función de lo anotado, se propone la siguiente tipología de estados de conservación:
- *Contaminación química Ausente o Baja* (Muy favorable/Favorable): el tipo de hábitat debería conservarse en perfecto estado y evolucionar aumentando su distribución mediante colonización de áreas en evolución.
 - *Contaminación química Moderada* (Desfavorable): el tipo de hábitat puede sufrir un estancamiento evolutivo o comenzar una ligera recesión.
 - *Contaminación química Considerable* (Muy desfavorable/Malo): las comunidades vivas pueden sufrir fuertes retrocesos y las más sensibles a la contaminación pueden desaparecer.
 - *Contaminación química muy elevada* (Malo/Muy malo): se puede llegar a la desaparición de las comunidades vivas propias del tipo de hábitat, apareciendo otras relacionadas con la supervivencia en medios muy contaminados. Incluso, en condiciones extremas, puede llegar a desaparecer la vida en algunos sectores con unos índices de contaminación que superan los umbrales de la supervivencia en seres vivos.

C.7.3) *Macro-residuos en la costa*

- a) Tipo: característica funcional.
 b) Aplicabilidad: obligatoria.

Los macro-residuos costeros son otro tipo de contaminación habitual en las costas. Podríamos definirlos como aquellos contaminantes sólidos cuya talla oscila entre varios milímetros y varios metros (Yoni *et al.*, 1998). Ocupan el interés de científicos y divulgadores en los países desarrollados desde hace décadas; por ejemplo, Jaubert, 1978. Se estima que la vida de los desechos plásticos se prolonga por un período que oscila entre

los 4 o 5 años y los 50 años; los residuos petroleros, que en ocasiones desaparecen en 1 o 2 años, pueden llegar a superar los 10 años en algunos ambientes; incluso los metales sobreviven a la corrosión en un período de más de 5 años pero que puede llegar a 100 años (Yoni, 1998). La llegada de desperdicios procedentes del tráfico marítimo, de las ciudades y de las instalaciones turísticas, a través de las derivas litorales y las corrientes costeras, está provocando que algunos tipos de hábitat se vean afectados y sufran contaminaciones intensas. Los macro-residuos pueden afectar de dos maneras principales: por los contenidos en metales pesados y otras sustancias nocivas que puedan albergar en su interior o en los materiales que los componen; o bien por la propia afección física por contacto a animales y plantas. Por ejemplo, se conoce la existencia de numerosas tortugas, cachalotes y delfines muertos por ingestión de plásticos de procedencias diversas, algo a lo que podría ser sensible la especie *Monachus monachus*, especie en peligro de extinción, según las aportaciones a esta ficha de la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) para la zona sur de distribución en la Península Ibérica del tipo de hábitat 8330 Cuevas sumergidas o semi-sumergidas. Muchas aves del litoral se encuentran también en peligro, como el, cada vez más escaso, Arao o el Alcatraz, que se interna en el mar para pescar y puede sufrir estrangulamientos o asfixias por ingestión de plásticos. Heinrich & Herat (1990), anotan que la basura compuesta por plásticos y latas de aluminio pueden actuar de la siguiente manera: los trozos de plástico tienen un efecto duradero sobre el metabolismo de las grasas de las aves marinas y les provocan obstrucciones intestinales mortales; algunos restos de metal, como por ejemplo los cierres de las latas, son confundidos con comida por las aves y los peces, provocándoles heridas internas.

Las costas muy recortadas sufren especialmente los efectos de esta contaminación, sobre todo los corredores estrechos, las cuevas y las pequeñas calas, que actúan como trampas sedimentarias en las que suelen acumularse numerosos desperdicios que contaminan y condicionan el desarrollo de las especies animales y vegetales. Los temporales invernales suelen provocar incluso el remonte de estos macro-residuos a los techos de los acantilados bajos ocupando tipos de hábitat continentales de tipo dulceacuícola o salobre.

- c) Propuesta de métrica: realizar un análisis de la interferencia de los macro-residuos en la composición y distribución habitual de especies en el litoral rocoso.
- d) Procedimiento de medición: se trataría de contabilizar y tipificar los diferentes residuos sólidos en plataformas y geoformas de retroceso diferencial en tramos acantilados y analizar la interferencia con el poblamiento animal y vegetal de esos ambientes. Este doblamiento se debe analizar mediante inventarios biogeográficos.
- e) Estado de conservación: en función de que se demuestre lo obvio, es decir, la interferencia de los residuos en el correcto desarrollo del tipo de hábitat; se propondría la siguiente clasificación:

- *Presencia masiva de macro-residuos sólidos, aspecto de vertedero* (Malo): la presencia de residuos es constante y aparecen en grandes cantidades en la base de los acantilados en pequeñas calas, cuevas y corredores de retroceso diferencial, lo que otorga un aspecto general de vertedero. Sólo se pueden recuperar estos tramos costeros mediante la actuación repetida del ser humano.
- *Presencia de macro-residuos* (Desfavorable): presencia habitual de residuos, aunque sean dispersos. Pueden desaparecer o ser reemplazados por otros, y además no presentan un aspecto masivo. A veces necesitan de la asistencia humana para su limpieza profunda.
- *Ausencia de macro-residuos* (Favorable): salvo algún residuo ocasional después de los temporales, que termina por eliminarse con las mareas, de manera no asistida por el ser humano.

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

3.3.2.1. Protocolo general

El protocolo general que se propone a continuación cuenta con varios problemas, cuya solución pasa por reforzar los estudios sobre el tipo de hábitat y esperar la consecución de series temporales de mediciones sobre la red de muestreo acordada.

A pesar de que se ha anotado una larga enumeración de posibles parámetros y factores a utilizar, de cara a establecer el correcto estado de conservación de la

estructura y la función del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas, muchas de estas proposiciones están aún por comprobar y desarrollar. Por lo tanto, será necesario generar información previa para realizar el protocolo en condiciones favorables para obtener unos resultados satisfactorios en el campo.

Una de las maneras más interesantes de generar la información y ordenarla del modo más eficaz para la aplicación posterior sobre casos concretos, es la generación de un SIG que implemente las diferentes variables tratadas en el apartado anterior. Nos parece casi una obligación generar un almacén ordenador y exhaustivo de datos que permita valorar el estado de conservación de los acantilados costeros, españoles en general, y atlánticos del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas en particular, además del riesgo de degradación futura de los mismos en función de la ocupación humana sobre el geosistema que conforman.

Todo debe empezar por la consecución de una cartografía detallada de los diferentes tipos de acantilados dentro del tipo de hábitat 1230 Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas. Este trabajo, para el que se debe hacer un profundo análisis bibliográfico y un trabajo de campo exhaustivo que comporte la consulta y la integración de todos los grupos de investigación especializados en geomorfología costera, debe ir asociado a una ficha en la que la descripción y clasificación de los acantilados permita una primera distinción de los mismos para fundamentar el resto de variables a consultar a fin de establecer el estado de conservación de la estructura y función ecológica de los frentes rocosos costeros.

No se puede obviar el trabajo realizado ya por numerosos investigadores, que han cartografiado los perfiles de muchos acantilados, y a los que se debe integrar en un posible grupo de vigilancia medioambiental sobre los acantilados. La información cartográfica llevará asociado un almacén de datos que permita establecer comparaciones y trazas evolutivas en posteriores controles de campo. De ello saldrá una serie de datos que permita abordar los problemas del tipo de hábitat con fiabilidad. Ello será básico para la realización de cartografías evolutivas, de pérdida o ganancia de extensión, biodiversidad y funcionalidad del tipo de hábitat, siendo también fundamental para realizar monitorizaciones *in situ* del dinamismo de los distintos tipos de acantilados.

Una vez realizado este inventario y generación de series de datos, el paso siguiente será la adaptación de la información cartográfica convencional, y de datos almacenados, a una cartografía de base en un sistema de información geográfica. Ésta será la capa básica sobre la que se relacionará el resto de variables.

Se pasará posteriormente a iniciar el monitoreo de parámetros de interés anotados en el apartado 3.3.1.—factores, variables e índices de evaluación de la estructura y la función—. Para ello se puede utilizar la red de muestreo que se propone en el apartado 3.3.3.1, aunque esta lista está sujeta a la revisión de diversos especialistas y a la inclusión, o exclusión, de algunos tramos acantilados en función de las anotaciones de los mismos.

La base de datos general de los valores obtenidos en el monitoreo de factores y variables no tendrá en cuenta los subtipos ni sus variables específicas. El SIG general aportará, así, datos de todas las variables y factores, se obtengan valores interesantes o no. Es decir, que si el potencial de karstificación en rocas metamórficas silíceas es prácticamente nulo ello no es óbice para que no se trate igualmente esa variable en dicha litología.

Se aconseja que el sistema de información geográfica contenga tantas capas de información como factores, variables o índices se propongan para la valoración del estado de conservación, es decir, las 57 propuestas jerárquicas del apartado 3.3.1., agrupando temáticamente las 38 básicas en los 16 grupos generales y las 3 categorías de rango general. De esta manera se podrá trabajar a nivel de grupos de variables que permitirán obtener asociaciones de factores y variables las mayores correlaciones y los conceptos fundamentales que explican dinámica, erosión o conservación de la estructura y la función.

Con la información completa se generarán mapas temáticos para que los gestores ambientales puedan seguir generando información y, a la vez, se protejan estas geoformas de las actividades humanas mediante una correcta ordenación del territorio y protección ambiental.

En la generación de temáticos se irán realizando un grupo de mapas y de textos anexos explicativos en los que se establezcan, por tramos costeros, los riesgos de degradación de los acantilados atlánticos y el

estado actual de conservación de los mismos, utilizando los calificativos aconsejados en el apartado 3.3.1. Los mapas de riesgos servirán, no sólo para proteger la estructura y función del ecosistema, sino también para promover una mejora en la utilización humana del litoral y en sus prácticas de ocupación de los ecosistemas costeros.

3.3.2.2. Protocolo por subtipos

Como se ha dicho, parece más interesante generar un programa de tratamiento de datos que permita presentar conclusiones geográficas, actuales y potenciales, que aplicar métodos y protocolos diferenciados para cada subtipo. Ello es así porque factores que se podrían intuir fundamentales de una determinada litología, pueden convertirse en factores de necesario tratamiento en otros ambientes rocosos. Así, su valoración en los diferentes ámbitos permitirá desentrañar aquellas variables que son fundamentales y universales para determinar el estado de conservación de la estructura y la función del tipo de hábitat, y aquéllas que son más coyunturales y pueden desaparecer en lugares con características físico-ambientales diferentes.

■ Por subtipo litológico

Aquí podrían existir algunos factores que adquieren especial relevancia en algunos tipos de roca y pierden valor en otros. Pondremos algunos casos, a modo de ejemplo.

Un ejemplo claro es el del potencial de karstificación, fundamental en litologías cársticas, de influencia relativa en algunas rocas ígneas y testimonial en muchos tipos metamórficos y metasedimentarios.

La importancia de los patrones de fractura en las rocas plutónicas y metamórficas es mayor que en el ámbito calcáreo o de acantilados modelados en materiales sedimentarios antiguos.

La historia geológica del sustrato varía también en función de la familia rocosa con la que nos encontramos. Así, los materiales metamórficos, plutónicos y básicos más antiguos de la Península, no tienen la misma historia tectónica y erosiva que los

materiales volcánicos recientes o las series calizas menos antiguas.

■ Por ambiente o sector geográfico

Existen variables y factores que varían intensamente en función del sector geográfico o el ambiente en el que se desarrollen. Se pueden anotar, a modo de ejemplo, los siguientes casos.

Por ejemplo, en los factores de tipo hidrológico influye notablemente el tipo climático. Aunque las variaciones climáticas no son excesivas dentro de una misma región natural, es cierto que el régimen de precipitaciones, la distribución anual y abundancia de las mismas, no es igual en el litoral suroccidental andaluz que en el noroeste de Galicia o en la costa vasca. Estas diferencias deben ser tenidas en cuenta para el establecimiento de protocolos de estudio, análisis evolutivo y seguimiento del estado de conservación, además del establecimiento de programas de protección futura del tipo de hábitat.

En lo que se refiere a la ocupación humana del litoral, también se aprecia una clara diferencia por ambientes y sectores. Dentro de la costa atlántica, algunos sectores responden más al esquema de turismo de masas de sol y playa, por lo que se verán mucho más afectados que las áreas de más reciente y menor ocupación turística.

El parámetro mareal también varía, aunque no tan marcadamente como en aquellos tipos de hábitat costeros que abarcan tanto las costas atlánticas como las mediterráneas.

La frecuencia de temporales es un factor determinante y negativo en el Cantábrico y en la costa noroeste, adquiriendo menor protagonismo en el resto de las costas peninsulares.

3.3.2.3. Listado general de las diferentes situaciones en las que factores, variables e índices muestran su carácter Muy Favorable, Favorable, Desfavorable, Muy Desfavorable o Malo para el estado de la estructura y la función del tipo de hábitat

Para obtener mayores referencias y explicaciones acerca de su elección y valoración, debe consultarse el apartado 3.3.1.

■ Situaciones Muy favorables y Muy favorables/Favorables

Muy favorables

- Tramos acantilados de varios kilómetros ininterrumpidos.
- Acantilados y subtramos costeros no orientados en las direcciones más efectivas del oleaje. En el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.
- Paredes convexas orientadas hacia el sur.
- Acantilados en materiales poco resistentes, pero que evolucionan en tipo “retroceso diferencial” a partir de fracturas o contactos, y de manera gradual.
- Acantilados con potencias supramareales hectométricas.
- Gran abundancia y diversidad de geoformas internas en los acantilados.
- Costa extremadamente recortada.
- Ambientes macromareales.
- Muy alta frecuencia de oleajes de tormenta (altura de ola significativa en más del 7% de los casos superior a 7 m), régimen anual de altura significativa de ola que supera en más del 50% de los casos los 2,5 m.
- Acantilados en los que aparece más del 75% de las comunidades posibles en un acantilado costero del tipo de hábitat.
- Ausencia de ocupación humana.

Muy favorables/Favorables

- Acantilados con una riqueza o diversidad de especies elevada.
- Ausencia de especies bioinvasoras y/o exóticas.
- Contaminación química Ausente o Baja.

■ Situaciones favorables

Tramos acantilados de varios kilómetros en los que dominan los acantilados, pero con interrupciones por complejos sedimentarios.

Acantilados y subtramos costeros no orientados en las direcciones más efectivas del oleaje. En el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente:

- Paredes verticales o cuasiverticales orientadas hacia el sur.
- Paredes convexas orientadas hacia este u oeste.

- Acantilados en materiales resistentes, con retroceso lento diferencial y selectivo.
 - Acantilados con inestabilidad localizada y relacionada con eventos energéticos marinos o de precipitaciones extraordinarios.
 - Acantilados con potencias supramareales decamétricas.
 - Existencia de diferentes geoformas internas.
 - Litologías kársticas.
 - Litologías metamórficas e ígneas resistentes con un patrón de fracturas adecuado.
 - Rocas sin meteorización aparente y resistencia a la abrasión muy elevada, sin líneas de debilidad atacables por los factores hídricos.
 - Combinación de factores que permiten altos potenciales de disolución.
 - Combinación de factores que permiten potenciales bajos o nulos de disolución.
 - Patrones poco densos con fracturas poco importantes y siendo escasas otras líneas de debilidad estructural, además, con orientaciones en otras direcciones a las más efectivas ante oleajes de viento y oleajes de fondo.
 - Rocas en dominios con una historia geológica relativamente negativa para su resistencia actual a la erosión.
 - Costa muy recortada.
 - Mantenimiento de los actuales niveles marinos.
 - Ambientes mesomareales.
 - Frecuencia de oleajes de tormenta alta (altura de ola significativa en más del 7% de los casos entre 5,5 y 7 m) pero menor que en el caso anterior y régimen anual de altura significativa de ola, que en más del 50% de los casos se encuentra entre 2,5 y 2 m.
 - Salinidad media esperada.
 - Régimen de bajas precipitaciones y alta ETP.
 - Ausencia de escorrentías superficiales y subsuperficiales por filtraciones más profundas o por un factor climático que induzca inexistencia de recursos hídricos suficientes.
 - Acantilados que contienen entre el 50% y el 75% de las comunidades posibles.
 - Presencia de especies muy sensibles a la contaminación.
 - Ausencia de especies bioindicadoras de condiciones marinas muy energéticas o de una dinámica continental intensa.
 - Ausencia de bioindicadores de niveles marinos que indiquen que se están produciendo cambios sensibles en los niveles marinos en la actualidad.
 - Presencia de tipos herbáceos en los frentes acantilados con vegetación propia del ecosistema litoral nativo.
 - Usos de protección de la naturaleza.
 - Mínima (actividades tradicionales poco pesadas) o Nula ocupación humana del litoral.
 - Vertientes y techos de acantilado sin actividad industrial próxima ni tránsito de sustancias, vehículos o desechos relacionados con esas actividades.
 - Vertientes y techos de acantilado sin actividad industrial ni vertederos urbanos, ni piscifactorías próximas ni tránsito de sustancias, vehículos o desechos relacionados con esas actividades.
 - Ausencia de construcciones de tipo residencial tanto en primera línea de costa como en la franja de los 200 m desde el límite del acantilado.
 - Lugares libres de afecciones sobre los recursos hídricos superficiales.
 - Tramos costeros sin afectación aparente de los recursos hídricos subterráneos.
 - Base de acantilados vírgenes o raramente visitados.
 - Techos de acantilados inaccesibles o sin tránsito de personas o vehículos a lo largo del año.
 - Litoral libre de construcciones.
 - Cursos fluviales conectados sedimentariamente con los tramos costeros de estudio libres de presas —u otras obras de corte de flujos sedimentarios fluviales continentales—.
 - Células sedimentarias conectadas con los tramos de costa de estudio libres de actuaciones portuarias que corten las derivas litorales.
 - Ausencia de contaminación por hidrocarburos.
 - Ausencia de macro-residuos.
- **Situaciones Favorable/Desfavorable y Desfavorable/Favorable**
- Acantilados orientados a las direcciones más efectivas del oleaje en subtramos costeros con otras orientaciones. En el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.
 - Acantilados no orientados en las direcciones más efectivas del oleaje en subtramos costeros sí orientados en esas direcciones. En el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.
 - Paredes en extraplomo orientadas hacia el sur.
 - Paredes verticales o cuasiverticales orientadas hacia este u oeste.
 - Paredes convexas orientadas hacia el norte.

- Acantilados estables.
- Acantilados con potencias supramareales métricas.
- Rocas con grados de meteorización bajos, pero con líneas de debilidad atacables por los agentes atmosféricos y marinos.
- Rocas con grados intermedios de meteorización.
- Combinación de factores que permiten potenciales medios de disolución.
- Situaciones intermedias (con respecto a la densidad de los patrones de fractura).
- Costa dentada.
- Costa recortada.
- Ascenso del nivel relativo del mar por fases interglaciares transgresivas o variaciones eustáticas.
- Escorrentías superficiales de tipo concentrado, en pocos puntos y sin caudales elevados, concentradas en determinados momentos del año.
- Acantilados con una riqueza o diversidad de especies próxima a la media.
- Usos agropecuarios extensivos.
- Usos forestales tradicionales.
- Densidades de ocupación humana bajas.
- Rocas en dominios con una historia geológica, tectónica y paleoclimática, convulsa, y por lo tanto de escaso potencial para la generación de cuevas costeras.
- Descenso del nivel relativo del mar.
- Ambientes micromareales.
- Frecuencia de oleajes de tormenta baja (altura de ola significativa en más del 7% de los casos entre 4 y 5,5 m) y régimen anual de altura significativa de ola que no supera en más del 50% de los casos los 2 m.
- Régimen altas precipitaciones y baja ETP, sin eventos extraordinarios.
- Acantilados que sólo presentan entre el 25% y el 50% de las comunidades posibles.
- Presencia de especies bioinvasoras y/o exóticas.
- Desaparición de especies bioindicadoras de niveles contaminantes.
- Aparición de especies bioindicadoras de condiciones marinas muy energéticas o dinámica continental elevada.
- Presencia de bioindicadores de niveles marinos que indican que se están produciendo cambios en el nivel del mar.
- Presencia de matorral leñoso en el techo o vertiente de los acantilados / o de especies exóticas y/o bioinvasoras con potencial bioclástico significativo / o de animales zapadores.
- Uso turístico/recreativo de baja densidad o poblamiento rural.
- Usos forestales o agropecuarios intensivos.
- Densidades de ocupación humana medias.
- Vertientes o techos de acantilado con presencia de actividades industriales pero sin tránsito evidente de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dichas actividades.
- Vertientes o techos de acantilado con presencia de actividades industriales, vertederos urbanos o piscifactorías, pero sin tránsito evidente de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dichas actividades.
- Ausencia de construcciones residenciales en la primera línea de costa, con presencia de densidades bajas en la franja de los 200 metros desde el límite del acantilado.
- Lugares con generación de nuevas redes de emisarios con aguas residuales y/o utilización de cursos naturales existentes para expulsar aguas utilizadas previamente por el ser humano.
- Tramos costeros sin sistemas de captación comunitaria ni un número elevado de captaciones individuales de aguas subterráneas, pero

■ Situaciones Desfavorables

- Tramos costeros con acantilados pero con predominio de las costas sedimentarias.
- Acantilados y subtramos de costa orientados a las direcciones más efectivas del oleaje. En el caso de sustratos resistentes que evolucionan lentamente.
- Acantilados no orientados en las direcciones más efectivas del oleaje en subtramos costeros sí orientados en esas direcciones. En el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.
- Acantilados muy estables.
- Acantilados con potencias supramareales decimétricas.
- Tramos homogéneos con frentes rocosos uniformes sin evidencias de un retroceso diferencial que permita la formación de microambientes.
- Litologías metamórficas e ígneas muy meteorizadas, con un patrón de fracturas muy denso.
- Litologías sedimentarias de tipo arenisco y sedimentarias no consolidadas.
- Patrones densos con fracturas importantes, con orientaciones en la dirección más efectiva de oleajes de viento y oleajes de fondo, y otras líneas de debilidad estructural importantes.
- Rocas en dominios con una historia geológica positiva que les otorga una estabilidad especial.

con modificaciones evidentes de la red de drenaje subsuperficial.

- Base de acantilados no frecuentados por el turismo ni las actividades deportivas, pero visitadas por el ser humano.
- Techos de acantilados no frecuentados por el tránsito de personas o vehículos pero con algunos pasos ocasionales.
- Existencia de espigones —u otras obras portuarias de corte de flujos sedimentarios en la costa— menores en las células sedimentarias o en las derivas de alimentación en los tramos costeros de estudio.
- Presencia de contaminación por hidrocarburos.
- Contaminación química Moderada.
- Presencia de macro-residuos.

■ Situaciones Muy desfavorables, Malas y Muy malas

Situaciones Muy desfavorables

- Acantilados orientados a las direcciones más efectivas del oleaje en subtramos costeros con otras orientaciones. En el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.
- Paredes en extraplomo orientadas hacia este u oeste.
- Paredes verticales o cuasiverticales orientadas hacia el norte.
- Acantilados intermareales.
- Régimen de altas o bajas precipitaciones concentradas en eventos extraordinarios y alta ETP.
- Notables y abundantes escorrentías de tipo concentrado o laminar, superficiales y subsuperficiales.
- Presencia de viviendas de residencia secundaria turística o de primera residencia en primera línea de costa, con densidades bajas pero instaladas en la franja de los 200 m desde el acantilado.

Situaciones Desfavorable/Muy desfavorable

- Acantilados en materiales muy poco resistentes o sobre rocas resistentes muy afectadas por una densa fracturación, con un retroceso generalizado e intenso.
- Existencia de presas —u otras obras de corte de flujos sedimentarios fluviales continenta-

les— en algunos de los cursos fluviales de los que alimentan las células en las que se encuentran los tramos costeros de estudio.

Situaciones Muy desfavorables/Malas

- Acantilados muy inestables.
- Rocas muy meteorizadas.
- Costa rectilínea.
- Anomalía hiposalina.
- Anomalía hipersalina.
- Acantilados con una riqueza o diversidad de especies baja.
- Presencia de monte arbolado en el techo o vertiente de los acantilados / o de especies animales zapadores.
- Densidades de ocupación humana altas.
- Construcciones en una franja de los 100 m desde el límite del acantilado.
- Contaminación química Considerable.

Situaciones malas

- Tramos costeros en los que los acantilados son testimoniales y donde se desarrollan complejos sedimentarios extensos.
- Acantilados y subtramos de costa orientados a las direcciones más efectivas del oleaje. En el caso de rocas muy alteradas o intensamente fracturadas.
- Paredes en extraplomo orientadas hacia el norte.
- Acantilados que no alcanzan el 25% de las comunidades posibles en las cuevas costeras completas del litoral de esa región natural o nivel inferior.
- Dominio de especies bioinvasoras y/o exóticas.
- Presencia de monte arbolado con eucaliptos y géneros de igual impacto bioclástico en el techo de o vertiente de los acantilados / o de especies animales zapadoras .
- Uso industrial.
- Uso turístico/recreativo masivo.
- Usos urbanos y residenciales densos.
- Vertientes o techos de acantilado con ocupación industrial y tránsito de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dicha actividad.
- Vertientes o techos de acantilado con ocupación industrial, vertederos urbanos o piscifac-

torías, y de tránsito de sustancias, desechos o vehículos peligrosos derivados de dicha actividad.

- Existencia de polígonos de viviendas u ocupación densa de viviendas de promoción individual en la franja costera de los 200 m desde el límite del acantilado, alcanzando la primera línea de costa.
- Lugares con concentración de aguas superficiales de escorrentía y/o canalización o modificación de cursos hídricos pequeños o medianos.
- Tramos costeros con traídas locales comunitarias o con un número elevado de pozos u otro tipo de captación de aguas subterráneas para consumo humano.
- Base de acantilados frecuentados por el turismo o las actividades deportivas.
- Techos de acantilados frecuentados por el tránsito elevado de personas y/o vehículos.
- Construcciones al borde del acantilado.
- Existencia de presas —u otras obras de corte de flujos sedimentarios fluviales continentales— en los grandes ríos conectados sedimentariamente con los tramos costeros de estudio.
- Presencia masiva de macro-residuos sólidos, aspecto de vertedero

Situaciones Muy malas/Malas

- Contaminación química muy elevada.
- Existencia de espigones de gran envergadura —u otras obras portuarias de corte de flujos sedimentarios en la costa—.
- Presencia de altos índices de contaminación por hidrocarburos.

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

Es necesaria la creación de una red de muestreo que aglutine las diferentes situaciones ambientales posibles y que permita establecer proyectos y planes de estudio a largo plazo. Sobre ella se aplicarán los estudios propuestos en apartados anteriores para cada variable, siguiendo los procedimientos de medición aconsejados e implementando toda la información en un SIG de las costas rocosas, españolas en general, y atlánticas peninsulares en particular.

3.3.3.1. Red de muestreo

La red de muestreo debe representar la multifactorialidad en los distintos ambientes o áreas geográficas diferenciadas con acantilados rocosos dentro de la región atlántica. Deberá escogerse una red que incluya acantilados de diferentes tipologías genéticas, litológicas, formales que estén sujetos a climas y regímenes de parámetros oceanográficos diferenciados. Igualmente es interesante que se sumen variadas situaciones ante el factor antrópico, pues es esta variable la que muestra una mayor incidencia en la salud de los acantilados y las tasas de retroceso asociadas.

Nos parece interesante el incluir, en esta red de muestreo, aquellos sectores acantilados ya estudiados o analizados en su retroceso, debido a que se constituiría de este modo una red activa en la que no se parte de cero. Por otro lado, esta opción selectiva adquiriría un mayor fundamento al ser el resultado de selecciones previas de especialistas sobre los diferentes tramos acantilados atlánticos.

■ **Provincia de Cádiz**

- Aguadulce-La Ballena (entre Chipiona y Rota).
- La Breña (Barbate).
- Punta Montijo (estudiado para 1977-2002 por del Río & Gracia, 2007).

■ **Provincia de Huelva**

- Acantilados de Mazagón.

■ **Provincia de Pontevedra**

- Acantilados del sector metamórfico del sector playa de Aios-Punta Faxilda, Sanxenxo.

■ **Provincia de A Coruña**

- Costa de Redes y de As Mirandas, Ares.
- Acantilados del municipio de Ferrol, estudiados por López Bedoya, 1998 y López Bedoya, Blanco Chao & Pérez Alberti, 2004.
- Acantilados de San Andrés de Teixido, Cedeira-Cariño.
- Acantilados de Picón, Ortigueira.

■ Provincia de Lugo

- Costa acantilada de As Catearais, Ribadeo, estudiada por López Bedoya & Pérez Alberti, 2007.
- Acantilados sobre materiales sedimentarios en Arealonga, Fazouro, Foz, estudiados por el Grupo de Investigaci3n Xeomorfol3xicas e Ambientais de la USC en diversas fechas de los a1os 90 y primera d3cada del siglo XXI.

■ Provincia de Asturias

- Acantilados de Cabo Busto, en El Franco.
- Acantilados del sector de Cabo Vidio, en Ovi1ana, Cudillero, estudiados por Adrados Gonz1lez y Fern1ndez Iglesias, 2006.
- Acantilados de Cabo Pe1as, Luanco.

■ Provincia de Santander

- Oyambre (estudiados para el per3odo 1956 y 1999 por Garrote & Garz3n, 2004).

■ Provincia de Vizcaya

- Acantilados de Deba sobre los materiales del *flysch*.

■ Provincia de Guip1zcoa

- Sector acantilado de Monte Jaizquibel.

3.4. EVALUACI3N Y PERSPECTIVAS DE FUTURO

El estudio de los acantilados es una iniciativa de notable inter3s cient3fico y comprobada aplicaci3n territorial. No en vano, el 80% de las costas del planeta est1n compuestas por tramos acantilados (Emery & Kuhn, 1982) y en la propia Pen1nsula Ib3rica la cifra puede ser superior (Flor, 2005). Por ello, todo estudio de ordenaci3n del litoral tiene que basarse en la din1mica de las costas rocosas, pues en ellas se define el concepto generalista de acantilado. Por otro lado, los acantilados son, por definici3n, formas din1micas, que condicionan sobremanera las actividades humanas desarrolladas en sus l3mites f3sicos. Una tercera proposici3n, que versa m1s sobre las costas en general, es su tradici3n en el soporte de sobrecargas derivadas de la habitaci3n humana y el desarrollo de todo tipo de actividades derivadas de ellas. La costa, en su funci3n de t3rmino y fin de transporte, de contacto con el inmenso mundo marino de abastecimiento alimenticio y de regulaci3n atmosf3rica, de propuestas tur3sticas, etc., ha atesorado una acumulaci3n de intereses socioecon3micos tal que es dif3cil regular su uso sin entrar en controversia con los agentes econ3micos, sociales y pol3ticos de las comunidades pr3ximas. Estos tres conceptos o variables, por s3 solas, justifican la preocupaci3n de este trabajo por los factores que controlan la din1mica de los acantilados rocosos.



4. RECOMENDACIONES PARA LA CONSERVACIÓN

Nuestra sociedad de consumo, en su afán por controlar y transformar en lugares de ocio los sistemas naturales, pretende comprender los acantilados como una construcción que hay que arreglar, como una enfermedad que es necesario controlar y curar, en vez de entenderlos como un sistema natural cuya esencia es la dinámica, la evolución constante.

Es habitual que la falta de una perspectiva a largo plazo conlleve la ocupación indebida de espacios costeros dinámicos. La evolución de acantilados, a partir de deslizamientos y desprendimientos, suele tener momentos críticos de mayor actividad que ocurren de manera cíclica, en función de fases de eventos extraordinarios de índole meteorológica o marina. Así, el concepto de período de retorno en la evolución de acantilados pasa a ser un factor básico en la ordenación del territorio en espacios costeros dominados por acantilados y su valoración, para cada tramo de costa, debe ser uno de los objetivos a perseguir por los estudiosos de la costa.

Se comprende así que, entre los actores territoriales que buscan sólo la documentación técnica actual para decidir sobre la ocupación del territorio, no tenga en cuenta la información histórica para reconocer esos ciclos extraordinarios. La causa puede residir en una actitud hipertecnista que, por un lado, desprecia la información oral local por su carácter cualitativo e imposibilidad de ser cuantificada y tratada estadísticamente, siendo en muchos lugares la única información disponible para el reconocimiento de dicha dinámica excepcional; y, por otro, resulta, en no pocas ocasiones, de estudios teóricos con labor de campo muy superficial para sacar adelante proyectos con una cierta inmediatez.

La recesión de los acantilados tiene un papel fundamental en el suministro de sedimentos en playas, dunas y llanuras intermareales de materiales finos (Lee, 1995 en Brunnsden & Lee, 2004). La creación de muros de protección en la base de acantilados dinámicos conlleva una combinación de factores gravosos para la estabilidad del arenal. Por un lado,

se cortan los aportes de sedimentos por deslizamientos o desprendimientos; por otro, el oleaje, en su contacto con la pared vertical artificial, se vuelve reflectivo y erosiona por zapa la parte alta de la playa (Bird, 2000; Brunnsden & Lee, 1995); finalmente, se produce una acumulación de aguas en el interior del acantilado que, ante la imposibilidad de drenaje, aumenta gradualmente la presión hidroestática y acaba por romper la obra humana. Incluso los lóbulos de los desprendimientos ayudan a neutralizar la energía de los oleajes.

Un ejemplo extraordinario de los efectos que sobre los depósitos sedimentarios costeros pueden tener las obras de protección de acantilados dinámicos viene expresado por el caso de las costas británicas, en donde, en los últimos 100 años, se tapiaron 860km de costa en erosión, que constituye el 75% de acantilados de materiales no consolidados o muy meteorizados de toda la costa inglesa y que ha tenido muy graves consecuencias en los balances sedimentarios de muchas células costeras y ha sido el factor de degradación de numerosas playas pues los aportes se redujeron en ocasiones hasta en un 75%.

La demostración de la importancia de mantener los flujos hídricos naturales en los acantilados costeros puede ser vista, por lo tanto, desde la perspectiva continental o la marina. En efecto, es muy importante la estabilidad de los arenales costeros en la base de los acantilados, pues el colchón arenoso actúa de difusor y de eficaz drenaje hídrico, impidiendo la concentración del flujo y disminuyendo así su capacidad erosiva en la base del acantilado. Pero desde el continente, la creación de muros defensivos acumula balsas de agua que acaban por provocar fuertes presiones hidráulicas, que derivan en eventos extraordinarios en momentos impredecibles; o la concentración de pluviales en la parte alta de los acantilados activa intensas y localizadas erosiones.

Por otro lado, como ya se ha anotado al principio, es evidente la importancia de la dinámica y retroceso

de los acantilados en la alimentación de las playas, sobre todo en aquellas desarrolladas en células aisladas como calas y pequeñas ensenadas (Bray, 1997), y marcadamente en las que poseen una cierta profundidad y la playa infralitoral está desconectada de las células próximas (López Bedoya & Pérez Alberti, 2006a). Pero este tipo de playas no son las únicas que demuestran una estabilidad controlada por los aportes de materiales de acantilado. Existen sectores costeros en los que las playas están conectadas por los espacios interlitoral inferior e infralitoral y evolucionan en un sistema complejo de compensación por vasos comunicantes a partir de la evolución de acantilados de esquistos fuertemente meteorizados (López Bedoya & Pérez Alberti, 2006b). Y viceversa, también está demostrado que la distribución de los aportes de los acantilados y las áreas de acreción de las playas están íntimamente intercomunicadas (Bray, 1997). Así pues, es un círculo vicioso por los intereses socioeconómicos. Se requiere estabilizar los acantilados, para el uso ortodoxo de las playas desde el punto de vista turístico, o los techos de los acantilados, desde el punto de vista de la especulación inmobiliaria, pero no podemos fijar los acantilados porque dejarían de aportar los sedimentos necesarios para mantener los propios arenales, que, a su vez, son básicos para reducir y controlar el retroceso de los acantilados. Sólo queda, pues, entender los acantilados como formas de imposible estabilización porque su esencia geomorfológica es el dinamismo, y su perfil de equilibrio se reajusta constantemente a partir de una traslación de la ladera, no pudiendo estabilizarlos sin renunciar a su forma, ni mantener su forma de manera estable.

Se puede aportar, en consecuencia, un decálogo de buenas prácticas que se referencia a continuación:

1. Ante cualquier actuación a realizar en un acantilado, deberá ser obligado realizar un estudio geomorfológico y biogeográfico profundo, acompañado de un análisis concreto de capacidad de carga para la citada actividad.

La simple construcción, por ejemplo, de una pasarela escalonada para acceder a una playa adosada puede traer consigo graves procesos degradativos que terminan por acelerar un retroceso acantilado puntual, que evoluciona en toda la potencia de la vertiente y aumenta su amplitud longitudinal en el frente acantilado. En consecuencia, pueden verse afectados no sólo las inversiones en infraestructuras para el disfrute de

la playa, sino también las existentes en la franja costera próxima para diversos fines.

Además de este procedimiento para actuaciones futuras, es necesario revisar actuaciones realizadas en el pasado en puntos de notable inestabilidad, para establecer correcciones y adquirir experiencia e información en el ordenamiento costero de los tramos acantilados.

2. Respeto a la normativa urbanística costera, aplicable por la Ley 22/1988, de 28 de Julio, de Costas, y su Reglamento General, que establece una distancia de cien metros desde la línea de bajamar como zona de dominio público, además de respetar la legislación, sería necesario evitar la construcción en los sectores acantilados, en una distancia a determinar en función de las características de cada tipo de acantilados. Es necesario cuidar y controlar la realización de obras en los frentes para la estabilización de los mismos. En este sentido, Pinot (1998) anota que el factor esencial en la aceleración de la erosión de los acantilados es el urbanismo litoral, y en especial la transformación de los flujos hídricos continentales, bien por impermeabilización, bien por generación de una red captaciones hídricas y emisarios con dirección al mar.
3. Conservar las playas de pie de acantilados como medida para la conservación futura de las propias vertientes costeras. La donación de sedimentos por parte de los acantilados a las playas adosadas a su pie se ve incrementada con la desaparición de éstas, pues el ataque marino se hace más enérgico y efectivo y el acantilado tiende a compensar esa falta con un retroceso más rápido. No interesa fosilizar los frentes acantilados ante el aumento de la dinámica de la vertiente costera, por ser perjudicial para la estabilidad del geosistema.
4. Establecer planes especiales morfosedimentarios e hidrodinámicos de los sectores de acantilados frágiles y dinámicos. No sólo se busca el control de actividades humanas en la parte trasera de los mismos, sino tener en cuenta también los problemas derivados de la construcción de puertos comerciales y deportivos en los últimos años, provenientes de un análisis somero y erróneo de corrientes y oleajes.
5. Anular la posibilidad de ajardinamientos en las

proximidades de acantilados, para mantener la vegetación natural de los mismos. La introducción de especies foráneas, trepadoras, ruderales o de jardín, está produciendo graves problemas de bioinvasiones que ocupan los espacios de la vegetación autóctona y no cumplen la misma función ecosistémica, favoreciendo incluso la aceleración de la erosión por parte de las aguas continentales y marinas. Uno de los principales espacios invadidos son los tipos de hábitat costeros próximos a zonas urbanizadas, sobre todo por parte de plantas ornamentales (Pino, Gassó, Vilà & Sol, 2008).

En este sentido, existen algunas especies vegetales introducidas que están favoreciendo la erosión de acantilados por no cumplir con la función fijadora. Entre ellas destacan *Carpobrotus edulis*, *Carpobrotus acinaciformis*, *Stenotaphrum secundatum* (ésta en acantilados con acumulación de sedimentos eólicos).

En la mayoría de los casos, las especies bioinvasoras reducen la diversidad de especies nativas y, a base de hibridación, degradan su integridad genética. Esta hibridación es, incluso, un estímulo para la invasión (Sans, Caño & Green, 2008). La hibridación de las dos especies de *Carpobrotus* arriba anotadas está amenazando a diversas especies nativas de *Limonium* (Sans, Caño & Green, 2008), uno de los géneros más prolíficos en la generación de endemismos en las costas atlánticas y, por ello, de biodiversidad.

Estas especies terminan por modificar intensamente las propiedades de los ecosistemas, limitando las funciones ecológicas de algunos de sus integrantes.

6. En no pocos casos, los municipios costeros colocan los vertederos municipales en las proximidades de sectores acantilados elevados, en busca de espacios relativamente inaccesibles y ocultos para concentrar allí la acumulación de escombros, residuos orgánicos e inorgánicos en general. Un ejemplo conocido es el de la ciudad de A Coruña en los acantilados de Bens, que terminó con su sellado tras un episodio contaminante severo al que se unió una víctima mortal. A pesar de que estas iniciativas están en vías de desaparición, no están todos los vertederos sellados y, los que lo están, siguen dando lugar a contaminaciones e inestabilidades en acantilados por cargas hidrostáticas elevadas. A este tipo de instalaciones se suman los vertederos incontrolados, que, de menor talla pero en mayor número, se dispersan por las costas rocosas atlánticas.
7. Realizar un programa educativo para el geosistema acantilado costero, similar a las campañas que se están realizando para los complejos dunares. Los acantilados son medios menos comprendidos, al no participar directamente de los usos turísticos masivos, pero su interrelación con los mismos es elevada.



5. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

5.1. BIENES Y SERVICIOS

Los bienes que los acantilados aportan a la sociedad son de diversa índole, como se expone a continuación. Acogen tanto valores de soporte biogeográfico, como otros relacionados con la estabilidad del geosistema costero, con el registro de información paleoambiental, o incluso de tipo estético-turístico.

Ya se ha hablado de la importancia de los acantilados como parte esencial de la alimentación de muchas playas. Éste es uno de los valores más importantes de los acantilados para con la sociedad, puesto que son, en su evolución, parte fundamental en la estabilidad costera. La salud de los acantilados, entendiéndolo por ella el mantenimiento de su evolución *libre*, alejada de transformaciones intensas derivadas de las actividades del ser humano, es necesaria para que estas geoformas actúen como parte armónica del geosistema costero.

El ecosistema existente en las vertientes costeras está sujeto a factores abióticos limitantes que impiden el correcto desarrollo y permanencia de la vegetación y de los seres vivos en general. De entre estos factores se pueden destacar la movilidad del sustrato y los rigores del clima afectado por la acción marina. Fuertes vientos, elevada salinidad, xericidad, escasez de suelos, elevada pendiente, fuerte desecación e intensos procesos de ladera constituyen un medio en el que las adaptaciones vegetales y animales tienen que ser elevadas. Ello lleva pareja la existencia de seres muy especializados, de escasa distribución territorial y comportamiento endémico. Se puede concluir que estos ambientes concentran una biodiversidad irrepetible y, por ello, se constituyen en un bien patrimonial que debe obtener altas cotas de protección.

Otro de los valores que reúnen los acantilados, en especial aquéllos que se modelan sobre depósitos antiguos, es el de erigirse en importante registro paleoambiental. En efecto, existen secuencias deposicionales en depósitos costeros que registran cambios paleoambientales, en especial, aquéllos ocurridos

desde el interglacial *eemiense*. La aparición de playas antiguas, dunas fósiles, depósitos periglaciares, e incluso glaciares, en las costas atlánticas españolas insiste una vez más en la necesidad de entender que los tipos de hábitat son fuente de información y calidad de vida para la sociedad.

No se puede obviar el gran valor estético de las costas acantiladas, sobre todo de aquéllas que presentan espectaculares escarpes y conforman espacios de gran atractivo turístico. Por poner algunos ejemplos, se pueden citar las vertientes del Monte Jaizquíbel en Guipúzcoa, la costa de Islares y Liendo en Cantabria, las zonas de los cabos Peñas y Vidio en Asturias, o el tramo de la costa de Ribadeo y los grandes acantilados de A Capelada en Galicia. Este valor no sólo tiene su importancia por sus valores naturales, siendo el sustento, al menos parcial, de la industria turística costera de las costas atlánticas españolas.

5.2. LÍNEAS PRIORITARIAS DE INVESTIGACIÓN

Para la ordenación del territorio son interesantes la investigación y el conocimiento científico, en la medida en que se constituyen en el fundamento explicativo de las formas y procesos geomorfológicos. Pero es mayor la importancia de su contextualización multiescalar, espacio-temporal y de su dinámica cíclica o progresiva y su causa natural o inducida por el ser humano, pues son éstos los indicadores de la intensidad y frecuencia de los cambios físicos que limitan y ponen en peligro el desarrollo de las actividades antrópicas sobre el espacio. En resumen, interesa saber cuándo y cuánto evolucionan las geoformas, y si su estabilidad deriva de la propia actividad humana o es consecuencia de procesos naturales propios del geosistema.

El estudio de los acantilados y su dinámica debe ser abordado desde una perspectiva interdisciplinar (por ejemplo, Terzaghi, 1950; Skempton, 1953; Hutchinson, 1988; Brundsen, 1988, 1993; Brundsen &

Lee, 2004). El banco de datos necesario para abordar su análisis debe alcanzar caracteres oceanográficos, litológicos, estructurales, paleogeográficos, geomorfológicos, biogeográficos, de usos del suelo, de interferencias antrópicas y de las conexiones entre los sistemas implicados en su dinámica. Este complicado sistema informativo resolverá un conocimiento de base que puede servir para predecir su evolución y para adoptar las medidas necesarias para minimizar su impacto en las actividades humanas, a partir de la comprensión de su funcionamiento.

Por ello, deben existir varias líneas prioritarias de investigación:

- La primera hace referencia a la distribución real del tipo de hábitat, que parece infravalorado hasta el momento. Esto está muy asociado al tratamiento de la superficie a escalas inapropiadas, sujetas a la existencia de tramos acantilados de gran porte o notable continuidad. Por esta razón, se encuentran sin reconocer amplias áreas sedimentarias en las que existen tramos acantilados de extraordinario valor biogeográfico y contrastada adscripción a este tipo de hábitat. Observaciones personales han constatado la existencia de tramos acantilados con vegetación endémica en tramos de la cornisa cantábrica y costa noroeste de la Península, que no han sido incluidos en las cartografías generales del tipo de hábitat en cuestión. Se insta pues a llevar a cabo una cartografía detallada que haga especial hincapié en sectores de dominio sedimentario y en las partes interiores de las rías, lugares en los que se desarrollan interesantes acantilados labrados en depósitos cuaternarios y terciarios que merecen una consideración especial, no sólo por su exclusividad territorial, sino también por su contenido biogeográfico.
- Análisis de las consecuencias de la proliferación de especies vegetales y animales bioinvasoras en la dinámica y erosión de los acantilados.
- Estudio del ratio de retroceso de los diferentes tipos de acantilados mediante análisis fotogramétricos en soporte SIG, analizando los distintos factores de control de esa erosión sobre puntos de control pertenecientes a una red de muestreo a nivel estatal.
- Estudio geosistémico de la dinámica de acantilados modelados en depósitos antiguos o sobre materiales rocosos fuertemente meteorizados, debido a la importancia paleoambiental de los acantilados que presentan depósitos antiguos.
- Estudio de bioindicadores en la dinámica costera. El análisis de especies vegetales puede aportar indicadores sobre el estado de salud y el dinamismo de los acantilados. Estos estudios pueden tener especial importancia para establecer índices de retroceso de acantilados y preservar espacios frágiles de la actividad humana, así como planificar el asentamiento de infraestructuras sin riesgo de pérdidas económicas o humanas.
- Desarrollo de análisis comparativos y estudios específicos sobre paleoacantilados o acantilados no activos, caracterizando sus parámetros físicos y biogeográficos para discernir la necesidad o no de que sean incluidos en este tipo de hábitat o en un apartado especial. Se pretende obtener información acerca de las características oceanográficas y atmosféricas que los modelaron, así como de la evolución del doblamiento biológico. En consecuencia, se obtendrá valiosa información sobre el tipo de hábitat de estudio en otras épocas y de su evolución futura en función de los cambios ambientales y climáticos que se desarrollen en el presente período interglaciar.



6. BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- ADRADOS, L. & FERNÁNDEZ, E., 2006. Criterios geomorfológicos y botánicos en la identificación del límite marino-terrestre en acantilados silíceos. En: Pérez Alberti, A. & López Bedoya, J. (eds.) *Geomorfología y Territorio*. Actas de la IX Reunión Nacional de Geomorfología, Santiago de Compostela, 13-15 de septiembre de 2006. pp 285-299.
- BALAGUER, P., FORNÓS, J.J. & GÓMEZ-PUJOL, L.L., 2008. Determinación del retroceso de los acantilados en las bahías de Alcedia y Pollença por georreferenciación lineal. En: Benavente, J. & Gracia, F.J. (eds.) *Trabajos de geomorfología en España*. Cádiz: SEG/UCA. pp 331-334.
- BRUNSDEN, D. & LEE, E.M., 2004. Behaviour of Coastal Landslide Systems: an Inter-Disciplinary View. *Zeitschrift für Geomorphologie*. Neue Folge, Supplement Volume, 134. Berlin-Stuttgart: Gebrüder Borntraeger. 112 p.
- BYRNE, J.V., 1964. *An Erosional Classification for the Northern Oregon Coast*. pp 329-335.
- CAMPOS, J.A. & HERRERA, M., 2008. El carrizo de la pampa en la cornisa cantábrica. En: Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, L. & Castro, P. *Invasiones biológicas*, Colección Divulgación n° 7, capítulo 6. Madrid: CSIC. pp 165-170.
- CASTRO, P., ALONSO, A., SANTAMARÍA, L. & GODOY, O., 2008. Las especies invasoras modifican las propiedades del ecosistema. En: Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, L. & Castro, P.: *Invasiones biológicas*, Colección Divulgación n° 7, capítulo 9. Madrid: CSIC. pp 117-128.
- DEL RÍO, L. & GRACIA, F.J., 2007. Análisis de la vulnerabilidad de los acantilados atlánticos de la provincia de Cádiz ante la erosión costera. *Revista Cuaternario y Geomorfología* 21 (1-2): 87-101.
- DEL RÍO, L. & GRACIA, F.J., 2008. Interacción entre procesos marinos y terrestres en el retroceso erosivo de costas rocosas: el acantilado de Fuente del Gallo (Conil de la Frontera, Cádiz). En: Benavente, J. & Gracia, F.J. (eds.) *Trabajos de geomorfología en España*. Cádiz: SEG/UCA. pp 335-338.
- DÍAZ, T.E. & FERNÁNDEZ, J.A., 1994. *Itinera Geobotánica* n° 8. Asociación Española de Fitosociología (AEFA) / Federation Internationale de Phytosociologie (FIP). 600 p.
- FARIA, H., 2001. O ouriço do mar, como indicador de níveis marinhos. En: Albergueria Moreira, M. E., Casal Moura, A., Granja, H.M. & Noroña, F. (eds.) *Homenagem (in honorium) Professor Doutor Gaspar Soares de Carvalho*. Braga. pp 247-265.
- FERRERAS, C., 2000. Factores mesológicos de la vegetación. En: Meaza, G. (dir.) *Metodología y práctica de la Biogeografía*. Capítulo 1. pp 19-76. Ediciones del Serbal, Colección La Estrella Polar n° 22. 392 p.
- FLOR, G., 2005. *Geología Marina*. Universidad de Oviedo. 644 p.
- GARCÍA, J.C., 2003. Seguimiento de la invasión de *Cortaderia selloana* (Sch&Sch) Asch.&Graeb. en Cantabria. En: Beltrán Yanes, E., Arozena Concepción, M^ªE. & Dorta Antequera, P. (coords.) (2002). *La biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica*: [actas del] II Congreso Español de Biogeografía. La Gomera. pp 325-333.
- GARCÍA, J.C. & RASILLA, D.F., 2005. Incremento de la erosión y nivel del mar en la costa de Cantabria. En: Hernández Calventi, L., Alonso Bilbao, I., Mangas Viñuela, J. & Yanes Luque, A. *Tendencias actuales en geomorfología litoral*. Aportaciones a las III Jornadas de Geomorfología Litoral, 28-30 de abril de 2005. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. pp 117-125.
- GARROTE, J. & GARZÓN, G., 2004. Análisis del retroceso del frente de la costa usando fotogramas aéreos, Oyambre, Cantabria. En: Blanco Chao, R., López Bedoya, J. & Pérez Alberti, A. *Procesos geomorfológicos y evolución costera*. Actas de la II Reunión de Geomorfología Litoral, Santiago de Compostela, junio de 2003. Publicación da Universidade de Santiago de Compostela. pp 51-66.

- GOOD, J.W. & RIDLINGTON, S.S., 1992. *Coastal Natural Hazards. Science, Engineering and Public Policy*. Corvallis: Oregon State University, Oregon Sea Grant. 162 p.
- GRACIA, F.J., 2008. *Geomorfología de los espacios naturales protegidos de la provincia de Cádiz*. Cádiz: SEG/UCA. 195 p.
- GUITIÁN, J. & GUITIÁN, P., 1999. *A paisaxe vexetal das Illas Cíes*. Xunta de Galicia. 127 p.
- HEINRICH, D. & HERAT, M., 1990. *Atlas de Ecología*. Alianza Atlas n° 13. Madrid: Alianza Editorial. 296 p.
- KING, C.A.M., 1972. *Beaches and Coasts*. London: Edward Arnold Publishers. 570 p.
- LA ROCA, N., SANJAUME, E. & GIL, M^aV., 2005. Principales características de los acantilados de La Nau. En: Sanjaume, E. & Mateu, J. (eds.) *Geomorfología Litoral i Quaternari. Homenatge al professor Vicenç M^a. Rosselló i Verger*. Universitat de València. pp 223-244.
- LÓPEZ, J., 2008. O fenómeno rururbano e os factores físicos condicionantes. Ideas para a ordenación do territorio galego. CGAC (inédito). 11 p.
- LÓPEZ, J. & PÉREZ, A., 2006a. Clasificación morfológica de las playas de arena en Galicia como herramienta para abordar el uso sostenible de los complejos sedimentarios costeros. *Actas de a IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Santiago de Compostela. pp 843-859.
- LÓPEZ, J. & PÉREZ, A., 2006b. Factores de erosión y degradación ambiental de los complejos sedimentarios costeros de Galicia en el marco de una ocupación poco planificada del litoral. *Actas de a IX Reunión Nacional de Geomorfología*. Santiago de Compostela. pp 861-876.
- MACÍAS, F., 1983. *A Capelada. Una alternativa para el uso y la conservación de sus recursos naturales*. Excelentísima Diputación Provincial de La Coruña. 133 p.
- MARTÍN, F. (ed.), 2004. *Desarrollo sostenible y huella ecológica*. A Coruña: Netbiblo. 240 p.
- MARTÍNEZ, J., 1997. *Geomorfología ambiental*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- MÍGUEZ, L., GONZÁLEZ, C. & GARCÍA, O., 1996. *Guía ecolóxica do litoral galego*. Vigo: Edicións Xerais de Galicia. 390 p.
- MOLINA, P., 2000. La utilización de técnicas estadísticas en el estudio de las comunidades vegetales. En: Meaza, G. (dir.) *Metodología y práctica de la Biogeografía*. pp 117-139. Ediciones del Serbal, Colección La Estrella Polar n° 22. 392 p.
- OTERO, J., COMESAÑA, P. & CASTRO, M., 2002. *Guía das microalgas de Galicia*. Guía da natureza Baía Verde n° 10. A Coruña: Baía Edicións. 168 p.
- PARDO, P.J.E. & SANJAUME, E., 2001. Análisis multiescalar de la evolución zosterica. *Cuadernos de Geografía* n° 69/70. Universitat de València, Facultat de Geografia i Història. pp 95-126.
- PÉREZ, A. & LÓPEZ, J., 2004. Caracterización de las playas de cantos y bloques (*Coidos*) en el noroeste de la Península Ibérica. En: Blanco Chao, R., López Bedoya, J. & Pérez Alberti, A. (eds.) *Procesos geomorfológicos y evolución costera. Actas de la II Reunión de geomorfología Litoral, Santiago de Compostela, junio de 2003*. Publicación de la Universidade de Santiago de Compostela n° 152. pp 371-400.
- PINO, J., GASSÓ, N., VILÀ, M. & SOL, D., 2008. Regiones y hábitats más invadidos. En: Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, L. & Castro, P. *Invasiones biológicas*, Colección Divulgación, capítulo 3, n° 7. Madrid: CSIC. pp 41-52.
- PINOT, J.P., 1998. *La gestion du littoral. Tome I-Littoraux tempérés: côtes rocheuses et sableuses*. Paris: Institut Océanographique. 400 p.
- RODRÍGUEZ, J., CÁCERES, L.M. & RODRÍGUEZ, A., 2000. Dinámica y evolución de flechas litorales: el litoral onubense (SO. España). En: De Andrés, J.R. y Gracia, F.J., *Geomorfología Litoral. Procesos activos*. Madrid: SEG/UCA/Ministerio de Ciencia y Tecnología/ITGME. pp 101-113.
- ROIG I MUNAR, F.X., PONS, G.X., RODRÍGUEZ, A. & MARTÍN, J.A., 2008. Cuantificación de la microerosión antrópica como factor significativo en playas arenosas y acantilados asociados (el caso de Menoría, I. Balears). En: Benavente, J. & Gracia, F.J. (eds.) *Trabajos de Geomorfología en España 2006-2008*. Actas de la X Reunión Nacional de Geomorfología. Cádiz. pp 327-330.
- SEPÚLVEDA, S.A., 2005. *Reconocimiento de efectos de amplificación topográfica vía análisis de deslizamientos en laderas rocosas*. Congreso Chileno de Sismología e Ingeniería Antisísmica IX Jornadas, 16-19 de noviembre de 2005. Código n° A01-03, Concepción-Chile.

- SANS, X., CAÑO, L. & GREEN, A.J., 2008. Las especies invasoras reducen la diversidad de especies nativas y su integridad genética. En: Vilà, M., Valladares, F., Traveset, A., Santamaría, L. & Castro, P. *Invasiones biológicas*, Colección Divulgación n° 7, capítulo 8. Madrid: CSIC. pp 103-116.
- SUÁREZ, L. & REGUEIRO, M. (ed.), 1997. *Guía ciudadana de los riesgos geológicos*. Madrid. Ilustre Colegio Oficial de Geólogos de España. 196 p.
- VAN WAERBEKE, D., 1997. *Un conflit d'usage dans le Petit Trégor*. Actas del XV Congreso de Geógrafos Españoles. Santiago de Compostela.
- VAN WAERBEKE, D., 1999. L'incidence des sentiers côtiers sur la dynamique des falaises en roche meuble du Petit Trégor (Bretagne nord). *Les Documents de la MARSH* n° 10. pp 153-162.
- YANES, A., 2004. Los megaacantilados de Canarias: la diversidad dentro de la aparente homogeneidad. En: Blanco Chao, R., López Bedoya, J. & Pérez Alberti, A. (eds.) *Procesos geomorfológicos y evolución costera. Actas de la II Reunión de geomorfología Litoral*, Santiago de Compostela, junio de 2003. Publicación de la Universidade de Santiago de Compostela n° 152. pp 441-426.
- YONI, C., HALLEGOUËT, B., BOUGIO, Y. & TILLY, G., 1998. Macro-déchets en baie d'Audierne. *Penn ar Bed* 170: 1-12.



7. FOTOGRAFÍAS



Fotografía 1

Acantilados verticales en Augas Santas, Ribadeo, Lugo.



Fotografía 2

Retroceso diferencial en acantilados verticales en Augas Santas, Ribadeo, Lugo.



Fotografía 3

Acantilados cuasiverticales en Picón, Ortigueira, A Coruña.
Se observa cómo el frente retrocede a partir de los planos de estratificación.



Fotografía 4

Sector acantilado en Picón, Ortigueira, A Coruña, con retroceso diferencial en función de la diferente resistencia de la roca.



Fotografía 5

Acantilados verticales con remate plano en el Cabo Busto, Asturias.



Fotografía 6

Acantilados verticales en el sector de Deba (Guipúzcoa).
Fuente: Google Earth. Modelados sobre los materiales *flysch*.



Fotografía 7

Acantilados con inclinación notable de los estratos en la costa oriental lucense.



Fotografía 8

Acantilados con un buzamiento hacia el continente y que dan lugar a cornisas extraplomadas. Cabo de Peñas, Asturias.



Fotografía 9

Acantilados en dibujo convexo en la costa coruñesa pontevedresa de Bueu, en las proximidades del Cabo Udra.



Fotografía 10

Acantilados granodioríticos en el área San Xurxo-Doniños, Ferrol, con un remate plano o suavemente convexo y recubiertos por un potente manto eólico procedente de los complejos sedimentarios próximos existentes al sur y noroeste del mismo.

Aparecen curiosas comunidades con vegetación rupícola y arenícola en pleno acantilado, con la aparición de algunas especies endémicas.



Fotografía 11

Acantilados graníticos en Punta Roncadoiro, municipio de Xove, Lugo.



Fotografía 12

Acantilados de A Lagoa, entre los municipios de Ferrol y Valdoviño, A Coruña.



Fotografía 13

Sector acantilado occidental de la península de la Estaca de Bares.

La debilidad estructural se manifiesta en los potentes deslizamientos y desprendimientos del frente rocoso costero.



Fotografía 14

Frente alterítico fuertemente meteorizado con corazones frescos de roca granítica en forma de bolos. A Pobra do Caramiñal, suroeste de la provincia de A Coruña.



Fotografía 15

Punta do Couso, Ribeira, A Coruña.

En ella se ofrece al observador otro ejemplo de costa muy desmantelada por procesos de meteorización masiva en un macizo granítico, con el resultado de grandes acumulaciones de bloques, en este caso sin la matriz alterada intersticial.



Fotografía 16

En las costas graníticas, los frentes acantilados de poca altura presentan variaciones morfológicas en función de los patrones de fractura y la “salud” de la roca.

En este caso podemos observar un corredor deprimido fuertemente fracturado y rebajado frente a una masa poco desmantelada sin apenas fracturas que se eleva sobre el citado corredor. Miadelo, Oia, Pontevedra.



Fotografía 17

Acantilados cuyo retroceso está determinado por la estratificación y la fractura. Costa de Valdoviño, A Coruña.



Fotografía 18

Acantilados inestables en acantilados bajos sobre materiales muy meteorizados que en su retroceso modelan extensas plataformas intermareales. As Mirandas, Ares, A Coruña.



Fotografía 19

Costa de Dexo en la Península de Oleiros, A Coruña.



Fotografía 20

Acantilado modelado sobre sedimentos de origen frío cuaternario en Moreira, Muxía, A Coruña.



Fotografía 21

Acantilados sobre depósitos antiguos que presentan una rápida evolución a base de deslizamientos rotacionales. Praia de Arealonga, Foz, Lugo.



Fotografía 22

Equisetum sp. en el arenal de Arealonga, Foz, Lugo.



Fotografía 23

Acantilados compuestos con vertiente sobre pared en el tramo rocoso entre el arenal de Doniños y el Cabo Prioriño, municipio de Ferrol, A Coruña.



Fotografía 24

Playa de cantos, Coído, en Coído de Laxe Brava (Ribeira, A Coruña).

Constituye también un ejemplo de costa acantilada baja con playa de cantos o bloques.



Fotografía 25

La costa septentrional de Ferrol, en concreto el sector de la Playa de Ponzos.

Constituye un ejemplo de costa acantilada alta con playa en la base.



Fotografía 26

En las rías gallegas aparecen notables ejemplos de costa acantilada baja con arenas en la base.

En este caso la margen izquierda de la Ría de Ortigueira, A Coruña, en el municipio de Cariño.



Fotografía 27

Acantilados muy altos con acumulaciones de bloques en la base.

El caso de la Serra da Capelada, con sus 35 km de costa exenta de arenas.



Fotografía 28

Ejemplo de costa de acantilados bajos con acumulaciones de bloques y cantos en la base. Se trata del sector entre las localidades de Camelle y Traba, en los municipios coruñeses de Camariñas, Vimianzo y Laxe.



Fotografía 29

Restauración de acantilados por la erosión debida a la desaparición de material sedimentario sobrevenida tras actuaciones históricas en el cercano puerto de Foz. Praia de Altar, Barreiros



Fotografía 30

Fenómeno bioclástico en acantilados de materiales metamórficos.

Las raíces de los árboles, en este caso carballos y eucaliptos, aprovechan las fracturas para profundizar en el frente alterítico. Por tracción y pinzamiento, ayudados por la acción del viento al hacer oscilar los troncos, son capaces de provocar desprendimientos de grandes volúmenes. Ría de Ares, Fene, A Coruña.

ANEXO 1 INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA SOBRE ESPECIES

ESPECIES CARACTERÍSTICAS Y DIAGNÓSTICAS

En la siguiente tabla A1.1 se ofrece un listado con las especies que, según las aportaciones de las sociedades científicas de especies (SEBCP), pueden considerarse como características y/o diagnósticas del tipo de hábitat de interés comunitario 1230 Acan-

tilados con vegetación de las costas atlánticas y bálticas. 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.

Taxón	Subtipo	Especificaciones regionales	Presencia*	Abundancia	Ciclo vital/presencia estacional/Biología	Comentarios
PLANTAS						
<i>Asplenium marinum</i>	1	—	Habitual, diagnóstica	Moderada	Perenne	—
<i>Crithmum maritimum</i>	1	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Armeria maritima</i>	1	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Armeria pubigera</i>	1	—	Habitual, diagnóstica, exclusiva	Moderada	Perenne	—
<i>Armeria euscadiensis</i>	1	—	Habitual, diagnóstica, exclusiva	Escasa	Perenne	—
<i>Spergularia rupicola</i>	1	—	Habitual, diagnóstica, exclusiva	Moderada	Perenne	—
<i>Limonium binervosum</i>	1	—	Habitual, diagnóstica	Moderada	Perenne	—
<i>Silene uniflora</i> subsp. <i>uniflora</i>	1	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Leucanthemum vulgare</i> subsp. <i>crassifolium</i>	1	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Festuca rubra</i> subsp. <i>pruinosa</i>	1	—	Habitual	Muy abundante	Perenne	—
<i>Daucus carota</i> subsp. <i>gummifer</i>	1	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Rumex acetosa</i> subsp. <i>biformis</i>	1	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Anthylis vulneraria</i> subsp. <i>iberica</i>	1	—	Habitual	Moderada	Perenne	—
<i>Angelica pachycarpa</i>	1	—	Habitual	Escasa	Perenne	—
<i>Trifolium occidentale</i>	1	—	Habitual	Moderada	Perenne	—

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

Subtipo 1: Acantilados con vegetación de las costas atlánticas y báltica.

Comentarios: *Silene uniflora* subsp. *uniflora* puede figurar en la bibliografía como *Silene vulgaris* subsp. *maritima*.

Referencias bibliográficas: Álvarez, 2005; Aseginolaza *et al.*, 1996; Díaz González, 1975; Díaz González & Fernández Prieto, 2002; Fernández Prieto & Loidi, 1984; Guitián & Guitián, 1987, 1990; Herrera, 1995; Izco, 1992; Lorient, 1978; Rivas-Martínez, 1978.

* **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.

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, que según la aportación de la sociedad científica de especies (SEBCP), pueden considerarse como característicos y/o diagnósticos del tipo de hábitat de interés comunitario 1230.

ESPECIES DE LOS ANEXOS II, IV Y V

En la siguiente tabla A 1.2 se incluye la adición a la lista de especies incluidas en los anexos II, IV y V de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) que,

según la información aportada por las diferentes sociedades científicas de especies (SEBCP; SECEM), se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat de interés comunitario 1230.

Taxón	Anexos Directiva	Afinidad* hábitat	Afinidad* subtipo	Comentarios
PLANTAS				
<i>Rumex rupestris</i> Le Gall	II IV	Preferencial	—	La población española se encuentra en la comunidad autónoma de Galicia (NW ibérico). La población figura catalogada en categoría de "EN" (Bañares <i>et al.</i> , 2004)

Aportación realizada por la Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas (SEBCP).

Referencia bibliográfica: Serrano & Carvajal, 2003.

MAMÍFEROS				
<i>Eptesicus serotinus/ E. isabellinus</i>	IV	Rara	No preferencial	—
<i>Miniopterus schreibersii</i>	II IV	Escasa	Preferencial	—
<i>Myotis myotis</i>	II IV	Rara	No preferencial	—
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	IV	Rara	No preferencial	—
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	IV	Rara	No preferencial	—
<i>Rhinolophus euryale</i>	II IV	Rara	No preferencial	—
<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	II IV	Escasa	No preferencial	—
<i>Rhinolophus hipposideros</i>	II IV	Rara	No preferencial	—
<i>Tadarida teniotis</i>	IV	Rara	No preferencial	—

Datos correspondientes al informe realizado por la Sociedad Española para la Conservación y Estudio de los Mamíferos (SECEM) en el área norte de la Península Ibérica. Este informe comprende exclusivamente las comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, Castilla y León, País Vasco, La Rioja, Navarra, Aragón y Cataluña.

* **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.

Tabla A1.2

Taxones incluidos en los anexos II, IV y V de la Directiva de Hábitats (92/43/CEE) que se encuentran común o localmente presentes en el tipo de hábitat 1230.

IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS ESPECIES TÍPICAS

En la siguiente tabla A1.3 se ofrece un listado con las especies que, según las aportaciones de la SEBCP, pueden considerarse como típicas del tipo de hábitat de interés comunitario 1230. Se consideran especies típicas a aquellos taxones relevantes para

mantener el tipo de hábitat en un estado de conservación favorable, ya sea por su dominancia-frecuencia (valor estructural) y/o por la influencia clave de su actividad en el funcionamiento ecológico (valor funcional). 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.

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>Asplenium marinum</i> L. ¹	Hábitat 1230 (4)	Litoral atlántico europeo, mediterráneo y macaronésico	Desconocida	Desconocida	—	—	—	—
<i>Armeria pubigera</i> (Desf.) Boiss. ²	Hábitat 1230 (4)	Costas del NW de la Península Ibérica	Desconocida	Desconocida	—	—	—	No siempre presente
<i>Armeria euscadiensis</i> Donadille & Vivant ^{2 y 3}	Hábitat 1230 (4)	Costa Vasca	Desconocida	Desconocida	Vulnerable (VU)	—	—	No siempre presente
<i>Spergularia rupicola</i> Lebel ex Le Jol. ⁴	Hábitat 1230 (2)	Costas atlánticas de Europa	Desconocida	Desconocida	—	—	—	No siempre presente
<i>Crepis novoana</i> S. Ortiz, Soñora & Rodr. Oubiña ⁵	Hábitat 1230 (2)	Costa atlántica de Galicia (A Coruña)	Desconocida	Desconocida	En peligro crítico (CR)	—	—	No siempre presente
<i>Linaria aguillonensis</i> (García Mart.) García Mart. & Silva Pando ⁶	Hábitat 1230 (3)	Costa atlántica de Galicia (A Coruña)	Desconocida	Desconocida	En peligro (EN)	—	—	—

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

Referencias bibliográficas (autor, año):

¹ Salvo, 1990.

² Nieto, 1990.

³ VV. AA., 2000.

⁴ Ratter, 1990.

⁵ Ortiz *et al.*, 2003.

⁶ Carreira, 2003.

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

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

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

Tabla A1.3

Identificación y evaluación de los taxones que, según la aportación de la sociedad científica de especies (SEBCP), pueden considerarse como típicos del tipo de hábitat de interés comunitario 1230.

BIBLIOGRAFÍA CIENTÍFICA DE REFERENCIA

- ÁLVAREZ, R.L., 2005. *La cubierta vegetal de los acantilados asturianos*. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo.
- ASEGINOLAZA, C., GÓMEZ, D., LIZAU, X., MONSERRAT, G., MORANTE, G., SALAVERRÍA, M.R. & URIBE-ÉCHEBARRÍA, P.M., 1996. *Vegetación de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Vitoria-Gasteiz: Servicio Central de Publicaciones del Gobierno Vasco.
- BAÑARES, Á., BLANCA, F., GÜEMES, J., MORENO, J. C. & ORTIZ, S. (eds.), 2004. *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España*. Madrid: Dirección General para la Biodiversidad, Publicaciones del OAPN.
- CARBALLEIRA, A., CARRAL, E., PUENTE, X.M. & VILLARES, R., 1997. *Estado de conservación de la costa de Galicia. Nutrientes y metales pesados en sedimentos y organismos intermareales*. Santiago de Compostela: USC/Xunta de Galicia. 107 p.
- CARREIRA, R., 2003. *Linaria aguillonensis* (García Martínez) García Martínez & Silva Pando. En: Bañares, A. et al. (eds.) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España. Taxones Prioritarios*, 768-769. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- COMISIÓN EUROPEA, 2007. *Interpretation Manual of European Union Habitats. Natura 2000*. DG. Environment, Nature and Biodiversity EUR 27, July 2007. 142 p.
- DÍAZ, T.E., 1975. La vegetación del litoral occidental asturiano. *Revista de la Facultad de Ciencias de Oviedo* 15(2) 16: 369-545.
- DÍAZ, T.E. & FERNÁNDEZ, J.A., 2002. *Paisaje vegetal del noroeste ibérico. El litoral y orquídeas silvestres del territorio*. Gijón: Ediciones Trea S.L.
- FERNÁNDEZ, J.A. & LOIDI, J., 1984. Estudio de las comunidades vegetales de los acantilados costeros de la cornisa cantábrica. *Documents Phytosociologiques* 8: 185-218.
- GUITIÁN, J. & GUITIÁN, P., 1987. Datos sobre las comunidades halocasmofíticas de los acantilados gallegos. *Boletim da Sociedade Broteriana*, Serie 2ª, LX: 87-94.
- GUITIÁN, J. & GUITIÁN, P., 1990. *El paisaje vegetal de las islas Cíes*. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, Consellería de Agricultura, Ganadería e Montes.
- HERRERA, M., 1995. Estudio de la vegetación y flora vascular de la cuenca del río Asón (Cantabria). *Guineana* 1: 9-435.
- IZCO, J., 1992. Diversidad y originalidad ecológica y florística del litoral Cántabro-Atlántico español. *Anales de la Real Academia de Farmacia* 58: 483-508.
- LORIENTE, E., 1978. Datos sobre la vegetación en Cantabria. I. *Documents Phytosociologiques* 2: 315-320.
- NIETO, G., 1990. *Armeria* Willd. En: Castroviejo, S. et al. (eds.) *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Vol. 2: 642-721. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- ORTIZ, S., BUIDE, M.I. & RODRÍGUEZ OUBIÑA, J., 2003. *Crepis novoana* S. Ortiz, Soñora & Rodr. Oubiña. En: Bañares, A. et al. (eds.) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España. Taxones Prioritarios*, 212-213. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- RATTER, J.A., 1990. *Spergularia* (pers.) Presl, J. & Presl, K. En: Castroviejo, S. et al. (eds.) *Flora Ibérica. Plantas vasculares de la Península Ibérica e Islas Baleares*. Vol. 2: 149-161. Madrid: Real Jardín Botánico, CSIC.
- RIVAS-MARTÍNEZ, S., 1978. De plantis hispaniae notulae systematicae, chorologicae et ecologicae, III. *Anales del Jardín Botánico Cavanilles* 34 (2): 539-552.
- ROMERO, M.I., RAMIL, P., AMIGO, J., RODRÍGUEZ GUITIÁN, M.A. & RUBINOS, M., 2004. Notas sobre la flora de humedales del noroeste ibérico. *Botánica Complutensis* 28: 61-66.
- SALVO, E., 1990. *Guía de Helechos de la Península Ibérica y Baleares*. Madrid: Ediciones Pirámide.
- SERRANO, M. & CARVAJAL, R., 2003. *Rumex rupestris* Le Gall. En: Bañares, A. et al. (eds.) *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculosa Amenazada de España. Taxones Prioritarios*, 466-467. Madrid: Dirección General de Conservación de la Naturaleza.
- VV.AA., 2000. Lista Roja de Flora Vasculosa Española (valoración según categorías de la UICN). *Conservación Vegetal* 6 (extra): 11-38.

ANEXO 2 INFORMACIÓN EDAFOLÓGICA COMPLEMENTARIA

1. INTRODUCCIÓN

Este tipo de hábitat hace referencia a comunidades que se desarrollan en zonas de acantilado en el litoral Atlántico; generalmente son comunidades vegetales rupícolas de carácter aerohalófilo, constituyendo las bandas iniciales de vegetación de las costas rocosas. Los acantilados con vegetación muestran una gran variabilidad, en ocasiones muy compleja, en función del grado de exposición a la influencia del mar, si bien la geología y la geomorfología juegan asimismo un papel importante. (Bensetti *et al.*, 2002). Es muy típico que en las zonas expuestas se de una zonación característica en función de la distancia al mar, efectos de las salpicaduras marinas, viento, profundidad efectiva del suelo, etc. (Díaz González & Fernández Prieto, 1987) (ver figura A2.1):

- Por un lado, en las cornisas y pendientes más escarpadas de los niveles inferiores, muy expuestos a la acción marina directa, se implantan comunidades raras en las fisuras del roquedo; ocupan localizaciones que, por su proximidad a la línea de pleamar, están sometidas (sobre todo en los grandes temporales) a golpes de mar que impiden el desarrollo del suelo, salvo en los pequeños depósitos que se producen en las grietas.
- Algo más alejadas del mar, en posiciones que les proporcionan una mayor protección de la acción mecánica directa, se desarrollan pastizales de gramíneas más o menos densos, sobre suelos un poco más desarrollados y relativamente profundos, pero con una mayor salinización.
- Finalmente, ya un poco hacia el interior, se presentan suelos más profundos y estructurados

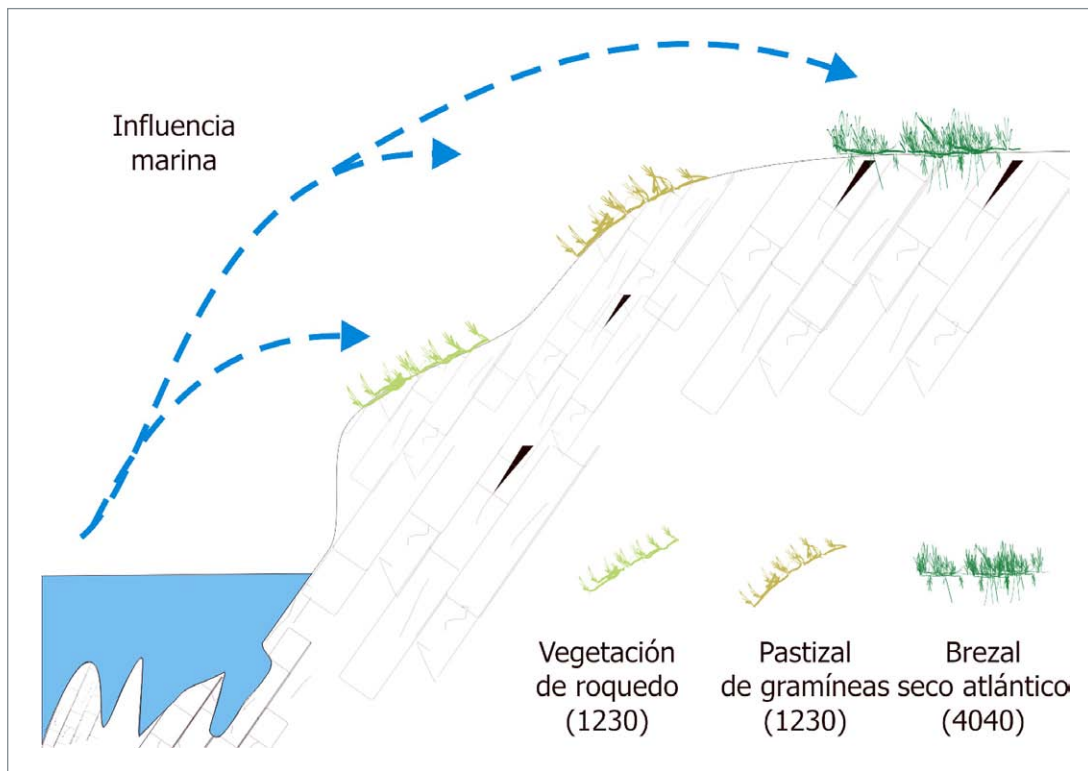


Figura A2.1

Zonación característica de las comunidades de acantilado (sustrato calizo).
Modificado de Navarro (1982) y Meaza Rodríguez (1997).

que pueden acoger comunidades de matorral, cuya salinidad depende de los aerosoles marinos. Estos matorrales son de especies pioneras y resistentes, pudiendo presentar menor porte que el propio de estas especies alejadas de los acantilados.

Es precisamente en el ámbito de las dos primeras cinturas de vegetación donde se incluyen las comunidades características de este hábitat; las especies más comunes son el hinojo de mar (*Crithmum maritimum*), algunas gramíneas formando céspedes (*Festuca rubra* subsp. *pruinosa*) y otras especies halófilas (*Plantago maritima*, *Inula crichtmoides*) (Ministerio de Medio Ambiente, 2005).

2. CARACTERIZACIÓN EDAFOLÓGICA

2.2. Características generales: factores de control

En general, este hábitat se desarrolla en contacto con la parte superior de la franja que limita con las comunidades líquénicas de los acantilados, en la zona aerohalina. Dada la gran exposición a los vientos marinos y el escaso espesor de enraizamiento generalmente existente, las condiciones ecológicas que regulan el desarrollo de estas comunidades vegetales son bastante restrictivas. Por una parte, el sustrato es eminentemente mineral, en ocasiones grandes fragmentos de piedras (acumulados por erosión) o arenas de buen tamaño, con una escasa capa de materia orgánica en las fisuras de las rocas, si bien esto es variable en función de la zona de exposición y de la estabilidad del sustrato. En estas situaciones, la disponibilidad de zonas fisuradas, cornisas o salientes de estabilidad moderada o superficies rocosas alterables, condicionan no sólo el establecimiento de las diferentes comunidades vegetales, sino también el desarrollo del suelo (Rodwell *et al.*, 2000). Asimismo, otra característica a tener en cuenta es la sequedad estival, que puede relacionarse con la ausencia de precipitaciones o bien la incapacidad del sustrato de retener agua en el perfil; a esto se le suma el efecto desecante que el viento puede producir (Bensettiti *et al.*, 2002), todo lo cual lleva a la aparición de especies adaptadas a intensos períodos de sequía y al aprovechamiento de los períodos húmedos (incluso con rocío) para completar su ciclo vital.

Otro factor fundamental que condiciona el desarrollo de la vegetación en estas circunstancias es la halofilia: la presencia de sales muy acentuada, que se relaciona con la influencia máxima de las salpicaduras en condiciones normales y con el oleaje fuerte en casos de tormenta.

2.2. Suelos

Este tipo de comunidades pueden encontrarse en acantilados desarrollados sobre todo tipo de rocas compactas, tanto ácidas como básicas (Ministerio de Medio Ambiente, 2005). La composición química del material de partida, y con ello la de los suelos, parece ser de poca importancia para el establecimiento de estas comunidades, aunque, no obstante, ciertas plantas pueden tener preferencia por sustratos calizos (Rodwell *et al.*, 2000) o serpentinícolas ricos en cationes básicos (Ca y Mg respectivamente).

En las zonas donde la vegetación se instala sobre los afloramientos rocosos, el suelo es de tipo esquelético y generalmente seco. Se trata de Leptosoles y/o Regosoles lépticos, compuestos por partículas de tamaño arena, resultado de la alteración incipiente del material de partida, mezcladas con otras partículas de origen eólico, y materia orgánica procedente de la necromasa del entorno o arrastradas por los frecuentes vientos (ver figura A2.2) (Bensettiti *et al.*, 2002). La influencia del viento también se manifiesta en el arrastre de conchas y otros materiales calizos, que pueden contribuir a los generalmente altos contenidos en calcio de estos suelos. Por otro lado, hay una gran entrada de sodio en los suelos con los aerosoles marinos, lo que se manifiesta en valores de pH neutro a básico (valor medio en torno a 7,5), independientemente de la variedad de suelo o material de partida. Estos suelos generalmente presentan un drenaje acentuado y sufren sequía estival.

Por otro lado, pueden llegar a encontrarse suelos más desarrollados (8-50 cm espesor en el horizonte superficial rico en materia orgánica; Malloch, 1971), en condiciones mesófilas o xeromesófilas, directamente sobre la roca madre o bien sobre un depósito más o menos consolidado, aunque sufriendo una alta exposición a la acción del viento. Son localizaciones con fuerte influencia marina, con pendientes moderadas, recibiendo aún cantidades importantes

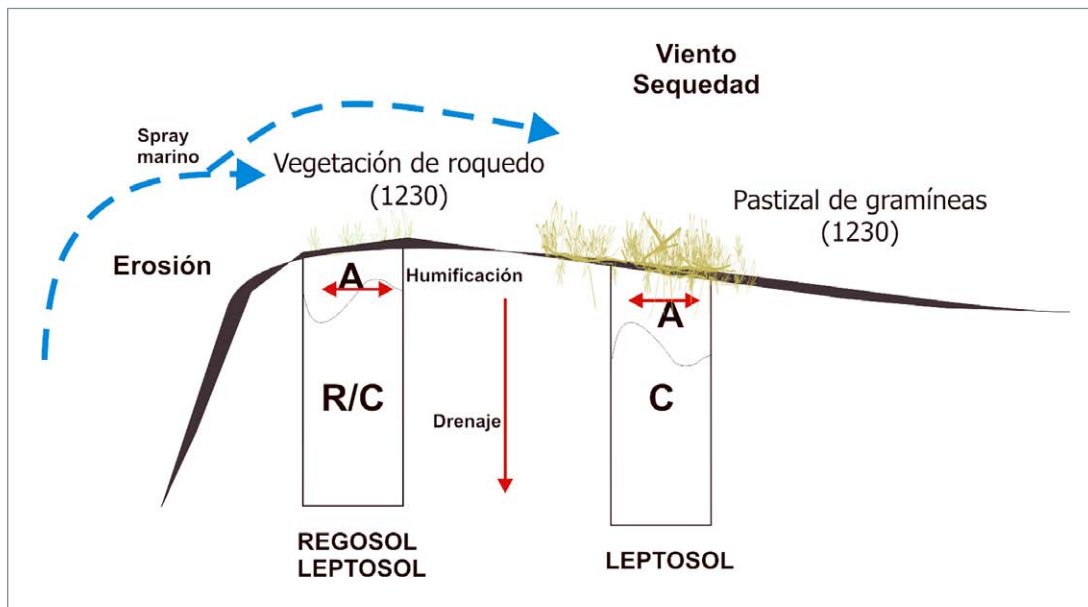


Figura A2.2

Grupos de suelos más comunes que se pueden relacionar con las comunidades del hábitat 1230.

de aerosol marino. Los suelos son moderadamente profundos, con abundantes fragmentos gruesos, un pH neutro y una cantidad considerable de materia orgánica que se deriva, fundamentalmente, del aporte que realizan especies como *Festuca rubra* o *Armeria maritima* (Rodwell *et al.*, 2000). Estos suelos pueden llegar a tener una textura fina y un horizonte orgánico bien desarrollado, en función de la estabilidad de la posición topográfica y el material de partida (Woodell & Dale, 1993).

En todo caso, los grupos de suelos que se pueden relacionar con este hábitat son fundamentalmente Regosoles y Leptosoles (ver figura A2.2) (IUSS Working Group WRB, 2006). Los perfiles más comunes son A-R o A-C, en función del grado de desarrollo de cada suelo.

3. RIESGOS DE DEGRADACIÓN

En los casos de acantilados muy verticales, de difícil acceso, este hábitat no se encuentra amenazado excepto por el retroceso de la costa en situaciones de regresión litoral, en las que predomina la resistaxia sobre la edafogénesis o biostaxia. No obstante, puede encontrarse en condiciones de degradación en aquellas localizaciones de acantilado más expuestas a perturbación antrópica (lugares muy frecuentados

por visitantes) (Bensettiti *et al.*, 2002) y en áreas en las que se ha introducido un exceso de carga de herbívoros (cabras, etc.) para la escasa capacidad productiva de estos medios.

La degradación es más patente en lugares de riesgo de erosión, especialmente en zonas litorales en las que se utiliza el fuego como control del matorral y para inducir un mayor crecimiento de las herbáceas. En estas condiciones, la escasa cubierta vegetal deja la zona muy sensible a la llegada de precipitaciones torrenciales o a los mismos efectos del oleaje.

Otra gran amenaza para este hábitat es la ocupación de la zona litoral por diversas infraestructuras, tales como muros o roquedos artificiales, relacionados con las actividades turísticas o de mantenimiento de puertos, por ejemplo.

Un peligro particular que puede sufrir este hábitat es el asociado con la contaminación por hidrocarburos debido a los accidentes de navíos mercantes (mareas negras, vertido de combustibles) que, al llegar a la costa, se adhieren sobre las rocas y son lentamente degradables. Casos de este tipo son, desgraciadamente, frecuentes en los acantilados costeros de Galicia, como en el último gran vertido del *Prestige* (CEPRECO, 2006).

4. EVALUACIÓN DEL ESTADO DE CONSERVACIÓN

4.1. Factores, variables y/o índices

La conservación de los suelos y vegetación de los acantilados es complicada por el hecho de que la evolución geomorfológica y la edáfica tienen, en muchas ocasiones, una tendencia destructiva, especialmente cuando se trata de costas en retroceso y de zonas de fuerte intensidad de los procesos de morfogénesis, como son los acantilados. Además, los suelos tan esqueléticos y los propios afloramientos de la roca desnuda son muy propensos a los procesos erosivos.

La evaluación de su estado de conservación debe hacerse fundamentalmente por criterios geomorfológicos, pero algunos datos edáficos pueden indicar las tendencias de evolución de los suelos. Para el seguimiento de la calidad de los suelos, los parámetros relevantes son:

- pH en agua y KCl (0,1M). Como medida de la reacción del suelo y como indicador general de las condiciones del suelo.
- C orgánico y relación C/N. Como medida de la evolución de materia orgánica del suelo.
- P total y asimilable (P-Olsen). Como medida de la reserva y biodisponibilidad de fósforo.
- K total y cambiante. Como medida de la reserva y biodisponibilidad de potasio.
- Espesor del suelo.
- Actividad enzimática.
- Respirometría.
- Conductividad eléctrica del extracto de saturación.
- Contenido de carbonatos.
- Período de sequía y balance de agua.

4.2. Protocolo para determinar el estado de conservación y nutricional del suelo

En cada estación/zona de estudio se debería determinar el estado ecológico del hábitat analizando para ello los factores biológicos y físico-químicos recogidos en la ficha correspondiente de *Bases ecológicas para la gestión de los tipos de hábitat de interés comunitario presentes en España* (Directiva 92/43/CEE-2120). 1230 Acantilados de las costas atlánticas y bálticas. A esta información se debería añadir

la derivada del suelo, lo cual podría permitir establecer una relación causa-efecto entre las variables del suelo y el grado de conservación del hábitat. El protocolo a seguir es:

En cada estación o zona se debería establecer, como mínimo, tres parcelas de unos 5 × 15 m y en cada una de ellas establecer tres puntos de toma de muestra de suelo. El seguimiento debería hacerse anualmente. Las muestras de suelo se deberían tomar por horizontes edáficos, midiendo la profundidad de cada uno de ellos.

Como estaciones de referencia, en tanto no se hayan estudiado en otras las relaciones suelo-planta, se proponen los acantilados de las costas del País Vasco, Cantabria, Asturias, Galicia y Huelva.

5. RECOMENDACIONES GENERALES DE CONSERVACIÓN

La gestión de este hábitat va encaminada fundamentalmente a la no intervención y a dejar actuar los procesos naturales con ausencia de intervención humana, dado que se trata de un hábitat muy especializado en relación con las condiciones ambientales que le afectan y restringen su desarrollo (Bensettiti *et al.*, 2002). Algunas recomendaciones específicas que pueden hacer referencia a la regulación del paso de los peatones en las zonas de litoral, ya sea a través de senderos bien localizados o aprovechando caminos ya construidos, así como a limitar, en general, el impacto de la actividad humana dentro de lo posible.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BENSETTITI, F., RAMEAU, J.C., CHEVALLIER, H., BARTOLI, M. & GOURC, J., 2002. *Cahiers d'habitats Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces, d'intérêt communautaire*. Tome 2. Habitats côtiers. Paris: La Documentation Française.
- CEPRECO, 2006. *Actuaciones a desarrollar en caso de un vertido de hidrocarburos*. Ministerio de la Presidencia. 206 p.
- DÍAZ GONZÁLEZ, T.E. & FERNÁNDEZ PRIETO, J.A., 1987. Asturias y Cantabria. En: Peinado Lorca, M. & Rivas-Martínez, S. (eds.) *La vegetación de*

- España*. Madrid: Universidad de Alcalá de Henares. pp 77-116.
- MALLOCH, 1971. Vegetation of the Maritime Cliffs of the Lizard and Land's End Peninsulas, West Cornwall. *New Phytologist* 70: 1.155-1.197.
- MEAZA RODRÍGUEZ, G., 1997. *Geografía de Euskal Herria*. Tomo 3. Suelos, vegetación y fauna. Lasarte-Oria: Ostoa.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, 2005. *Los Tipos de Hábitat de Interés Comunitario de España*. Madrid.
- NAVARRO, C., 1982. Datos sobre la vegetación de Vizcaya (País Vasco). *Lazaroa* 4: 119-127.
- RODWELL, J.S., PIGGOT, C.D., RATCLIFFE, D.A., MALLOCH, A.J.C., BIRKS, H.J.B., PROCTOR, M.C.F., SHIMWELL, D.W., HUNTLEY, J.P., RADFORD, E., WIGGINTON, M.J. & WILKINS, P., 2000. *British Plant Communities*. Volume 5. Maritime Communities and Vegetation of Open Habitats. Cambridge: Cambridge University Press.
- www.habitats.org.uk

