



Formaciones circulares de *Zostera noltii*
en el estuario del Bidasoa (Plaiaundi,
Gipuzkoa). La barra blanca mide 1 m de
longitud.

Fotografía: AZTI TecNALIA.

País Vasco

XI

Praderas de angiospermas marinas del País Vasco

Joxe Mikel Garmendia¹

Guillem Chust²

Mireia Valle²

Ángel Borja¹

Javier Franco¹

¹ AZTI Tecnalia, Unidad de Investigación
Marina. Pasaia, Gipuzkoa.

² AZTI Tecnalia, Unidad de Investigación
Marina. Sukarrieta, Bizkaia.

Descripción general del área

La costa vasca se encuentra en el extremo sudeste del Golfo de Vizcaya; su orientación es E-W y abarca una longitud de unos 100 km en línea recta. Presenta una plataforma continental estrecha (7-20 km) y una elevada energía asociada al oleaje. La línea de costa es principalmente erosiva, con extensos acantilados. Las áreas de deposición, asociadas a depósitos recientes, se encuentran confinadas mayoritariamente en los estuarios y corresponden al tipo de valles fluviales inundados que se formaron con el ascenso del nivel del mar tras la última glaciaciación. Los estuarios son pequeños, con una longitud entre 2 (Lea) y 22 km (Nerbioi) y una superficie inundable entre 0,5 (Artibai y Lea) y 29,2 km² (Nerbioi). El viento y el oleaje dominantes son de componente noroeste, lo que provoca que el transporte de arena forme playas y dunas en la margen este de las bocas de los estuarios (Cearreta *et al.*, 2004; Pascual *et al.*, 2004).

El clima del País Vasco es templado, oceánico, con inviernos moderados y veranos cálidos (temperatura promedio anual superior a 10 °C). El clima es lluvioso, con cerca de 1.500 mm de precipitación repartida a lo largo de todo el año (Usabiaga *et al.*, 2004).

Los estuarios vascos presentan mareas semidiurnas (dos bajamaras y dos pleamaras en algo más de 24 horas), con una amplitud de marea entre 1 m (en mareas muertas) y 4,5 m (en mareas vivas) aproximadamente, siendo considerados por tanto sistemas mesomareales (aunque presentan algunas características propias de estuarios macromareales) (Hayes, 1975; González *et al.*, 2004).

Teniendo en cuenta sus características geomorfológicas e hidrológicas, se pueden distinguir tres

tipos principales de estuarios en el País Vasco: pequeños estuarios dominados por ríos, estuarios con amplia zona intermareal, y estuarios con amplia zona submareal (Borja *et al.*, 2004a).

En estos sistemas, los nutrientes y la transparencia del agua dependen tanto de los aportes fluviales como de vertidos directos a los estuarios. De este modo, tanto la transparencia (y, en general, las propiedades ópticas) como la cantidad de nutrientes presentan una gran variabilidad entre estuarios, entre los tramos de un mismo estuario y en las distintas épocas del año, ya que dependen tanto de las mareas y del caudal del río, principales factores que controlan la circulación estuaría, como de la dilución de las masas de agua y los procesos de mezcla (Valencia & Franco, 2004).

La ocupación de amplias superficies de las zonas intermareal y supramareal de los estuarios para fines agrarios durante los últimos tres siglos y, más recientemente, la ocupación de estas áreas para el desarrollo urbano, industrial y portuario, han provocado una drástica reducción de sus tamaños, profundos cambios en sus morfologías y una degradación general de la calidad del medio (Rivas & Cendrero, 1992). Los municipios de la costa vasca representan el 12% de los del País Vasco, mientras que soportan el 60% de su población y el 33% de la actividad industrial. Esta elevada presión humana sobre el área costera ha producido fuertes cambios en sus características físicas, químicas y biológicas durante los últimos dos siglos (Cearreta *et al.*, 2004). En la actualidad, casi todos los estuarios se encuentran muy desnaturalizados en su desembocadura debido a encauzamientos y pérdidas de superficie intermareal. En este sentido, son destacables los casos de los estuarios del Nerbioi, Oiartzun, Urumea y Artibai, los más afectados por dichas actuaciones humanas.

Ecología y extensión de las praderas marinas

En la actualidad, todas las praderas de angiospermas marinas presentes en el País Vasco están formadas por una única especie: *Zostera noltii*, que se asienta dentro de los estuarios, en zonas relativamente protegidas, y tanto en sedimentos fangosos como en arenosos (Figura 1), pero siempre en la zona intermareal de poca pendiente. Los rangos ambientales específicos que ocupa *Z. noltii* en los estuarios vascos para la zona mareal así como la pendiente, granulometría y velocidad de la corriente se encuentran descritos detalladamente en Valle *et al.* (2010, 2011): la mayor superficie ocupada por esta especie corresponde a la franja de altura mareal entre 1,5 y 2,5 m, hallándose sus límites de presencias extremas a 0,25 m y 3,54 m de altura; la pendiente varía entre 0,01 y 8,36°; el tamaño medio de grano varía entre 1,47 y 5,91 phi; y la velocidad de reflujo entre 0 y 35,81 cm/s.

Esta especie presenta dos tipos de formaciones principales: pequeños círculos bien definidos de 0,5-3 m de diámetro y una cobertura muy densa con densidades superiores a 4.000 haces/m² o grandes extensiones con poca densidad de haces (aprox. 500-1.000 haces/m²) (Figura 2).

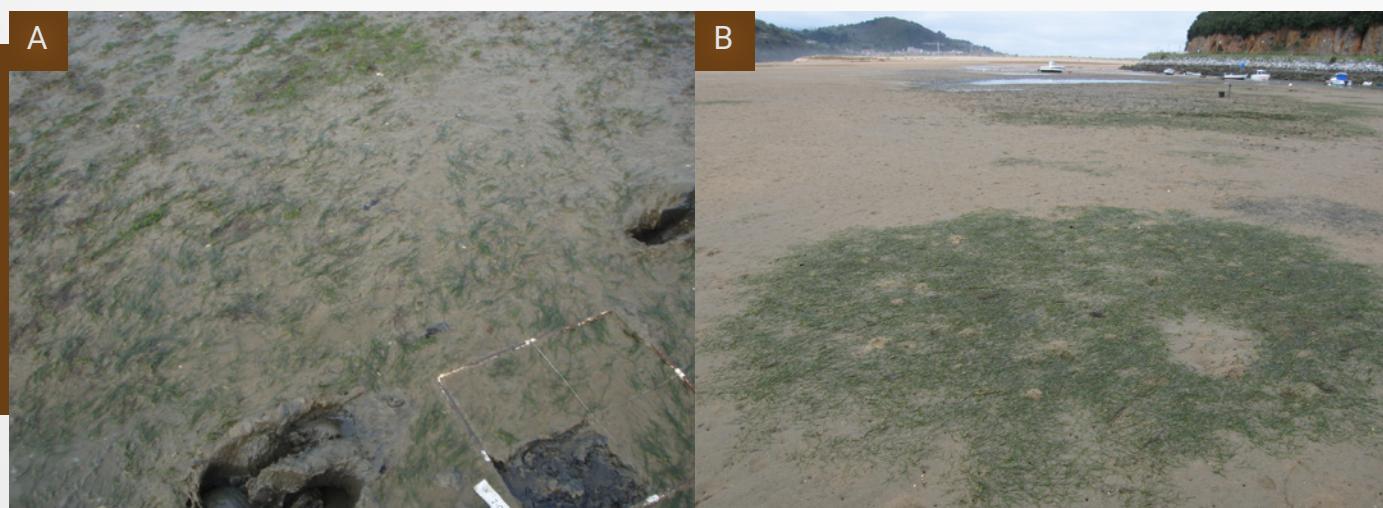
Las praderas de los estuarios vascos son permanentes: a pesar de que en invierno disminuye mucho la densidad de sus haces, no llegan a desaparecer y comienzan a recuperar su densidad en primavera para alcanzar su mayor cobertura a finales de verano.

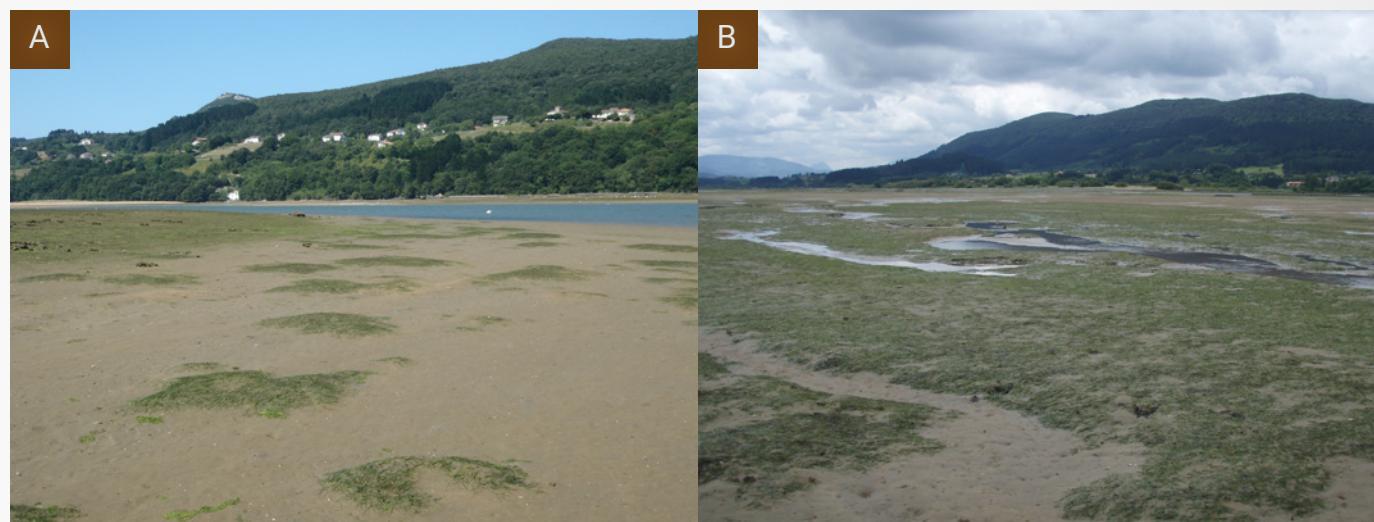
Otras angiospermas que suelen acompañar en estos estuarios a *Z. noltii*, pero en cotas más elevadas, son *Salicornia* sp., *Sarcocornia* sp. y, fundamentalmente, *Spartina* sp. (*S. maritima* y/o *S. alterniflora*, según el estuario). Esta última suele presentar densas manchas bien definidas y dispersas cerca y dentro de la pradera, aunque a veces pueden verse zonas de solapamiento (Figura 3).

Zostera noltii en sedimento fangoso (foto A) y arenoso (foto B) del estuario del Oka.

Fotografías: AZTI-Tecnalía.

Figura 1





Distintas formaciones de la pradera en el estuario del Oka: (foto A) pequeños círculos densos y definidos; (foto B) amplia extensión superficial.

Fotografías: AZTI-Tecnalia.

Figura 2

Aunque las praderas marinas vascas son generalmente formaciones monoespecíficas de *Z. noltii*, en aquellas zonas donde la pradera se encuentra sobre sedimento predominantemente fangoso, a menudo comparte el mismo espacio con el alga roja *Gracilaria* sp., que se entremezcla con sus hojas. Además, en primavera suele darse un gran crecimiento del alga verde *Ulva* sp. que suele depositarse sobre las praderas y cubrirlas al bajar la marea. Por ello, la zona intermareal presenta a menudo un mosaico de colores con distintas tonalidades de marrón (sedimento sin cobertura vegetal y *Gracilaria* sp.) y verde (*Ulva* sp. y *Z. noltii*) (Figura 4).

Entre la fauna bentónica asociada a estas praderas pueden destacarse, por su abundancia, los moluscos gasterópodos *Bittium reticulatum*, *Peringia ulvae* y *Nassarius reticulatus*; los oligoquetos; el crustáceo isópodo *Cyathura carinata*; los anélidos poliquetos *Heteromastus filiformis*, *Hediste diversicolor* y *Nephtys hombergii*; y el molusco bivalvo *Abra alba*. También son muy comunes el cangrejo *Carcinus maenas* y los bivalvos *Scrobicularia plana*, *Venerupis decussata* y *Cerastoderma edule*.

Por otro lado, aunque no sea una especie de angiosperma propiamente marina, en el País Vasco también se encuentra presente la espe-



Zona intermareal del estuario del Oka ocupada por pradera de *Zostera noltii* (Urdaibai, Axpe-Busturia, Bizkaia). Fotografía: AZTI Tecnia.

Zona de solapamiento de *Spartina alterniflora* y *Zostera noltii* en el estuario del Bidasoa.

Fotografías: AZTI-Tecnalia.

Figura 3



cie *Ruppia maritima*. Esta planta acuática vive casi siempre formando comunidades monoespecíficas (*Ruppietum maritimae*) en charcas y canales con aguas salobres remansadas de las marismas internas subhalófilas (Silván & Campos, 2002). La información disponible en comparación con la de *Z. noltii* es muy reducida y se limita a citas presenciales en puntos aislados.

De los 12 estuarios que existen en la costa vasca, en la actualidad solamente 3 de ellos presentan poblaciones intermareales de *Z. noltii* (Figura 5): Oka y Lea, con amplias zonas intermareales, y Bidasoa, con amplia zona submareal. A finales del siglo XIX y comienzos del siglo XX esta especie fue citada en otros estuarios como el del Oiartzun (Bubani, 1897-1901) y el del Nerbioi (Gredilla, 1913), por lo que es razonable suponer que en el pasado *Z. noltii* pudo haber estado presente en buena parte de los estuarios vascos (Silván & Campos, 2002). In-

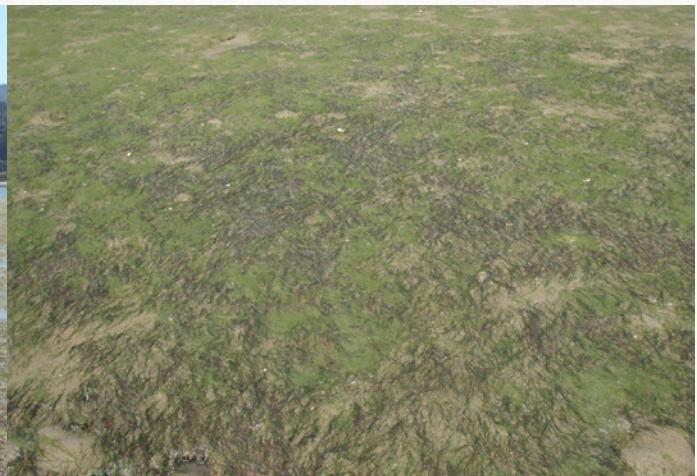
cluso *Zostera marina*, que en la actualidad se da por desaparecida en la costa vasca, también fue citada en referencias antiguas en todos los estuarios de amplia zona submareal, Nerbioi (Gredilla, 1913), Oiartzun (Bubani, 1897-1901) y Bidasoa (Gredilla, 1913) (Silván & Campos, 2002). En 3 de los estuarios (Oka, Oria y Bidasoa) aparecen actualmente poblaciones de *R. maritima* (Figura 5).

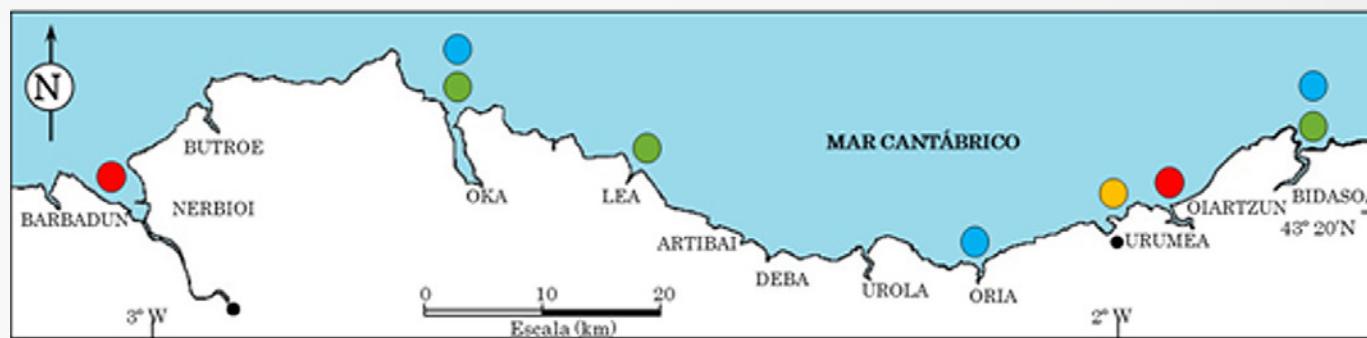
Hasta años recientes las praderas marinas del País Vasco no habían captado la atención de científicos y gestores, por lo que la información generada al respecto es escasa y las menciones sobre su presencia y situación pertenecen a trabajos con otros objetivos más amplios. Solo a partir de 2002 se dispone de datos semi cuantitativos sobre su presencia a través de la "Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco", que AZTI-Tec-

Pradera marina mixta en el estuario del Oka: *Zostera noltii*, *Gracilaria sp.* y *Ulva sp.*

Fotografías: AZTI-Tecnalia.

Figura 4





Presencia actual (2012) de *Zostera noltii* (en verde) y citas antiguas (en rojo). Presencia actual de *Ruppia maritima* (en azul) y citas antiguas (en naranja).

nalia realiza para URA (Agencia Vasca del Agua, ente público adscrito al Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco). Además, existe información cartográfica de las praderas correspondientes a zonas concretas como el estuario del Oka (Campos & Silván, 2001), provincia de Bizkaia (Otxoa *et al.*, 2007) y parte francesa del Bidasoa (Lissardry *et al.*, 2007) y a todo el País Vasco (Silván & Campos, 2002; Garmendia *et al.*, 2008, 2012, 2013a). Los primeros trabajos pertenecen en su mayoría a estudios cuyo objetivo era el conocimiento real de la distribución de algunas especies vegetales amenazadas en el País Vasco (entre las que se encuentra incluida *Z. noltii*) y los últimos corresponden a estudios más específicos por lo que contienen información más detallada.

A día de hoy se dispone de información cartográfica detallada y actualizada del verano de 2012. La fiabilidad de esta información es muy alta, ya que, por un lado, procede de estudios exclusivamente dirigidos a *Z. noltii* y, por otro lado, porque la pequeña extensión de las praderas y su ubicación intermareal permiten una identificación y localización relativamente fácil. Esta cartografía (Figura 6) es resultado de varios días de campaña a pie, aprovechando las bajamaras vivas y el período de mayor crecimiento, y tomando información geográfica del perímetro de cada una de las manchas identificadas mediante un receptor GPS diferencial (Trimble R6) de gran precisión (Garmendia *et al.*, 2013a).

En 2008 y 2009 se visitaron todos los hábitats potenciales para las praderas marinas en cada uno de los estuarios vascos (Garmendia *et al.*, 2010a). Además, dentro de la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco, cada tres años se muestran los estuarios para el seguimiento de sus poblaciones algales y vegetales, incluidas las

angiospermas marinas. Con esta información, queda confirmada por un lado, la presencia en el año 2012 de *Z. noltii* en 3 de los 12 estuarios vascos y, por otro lado, su ausencia en los restantes 9 estuarios.

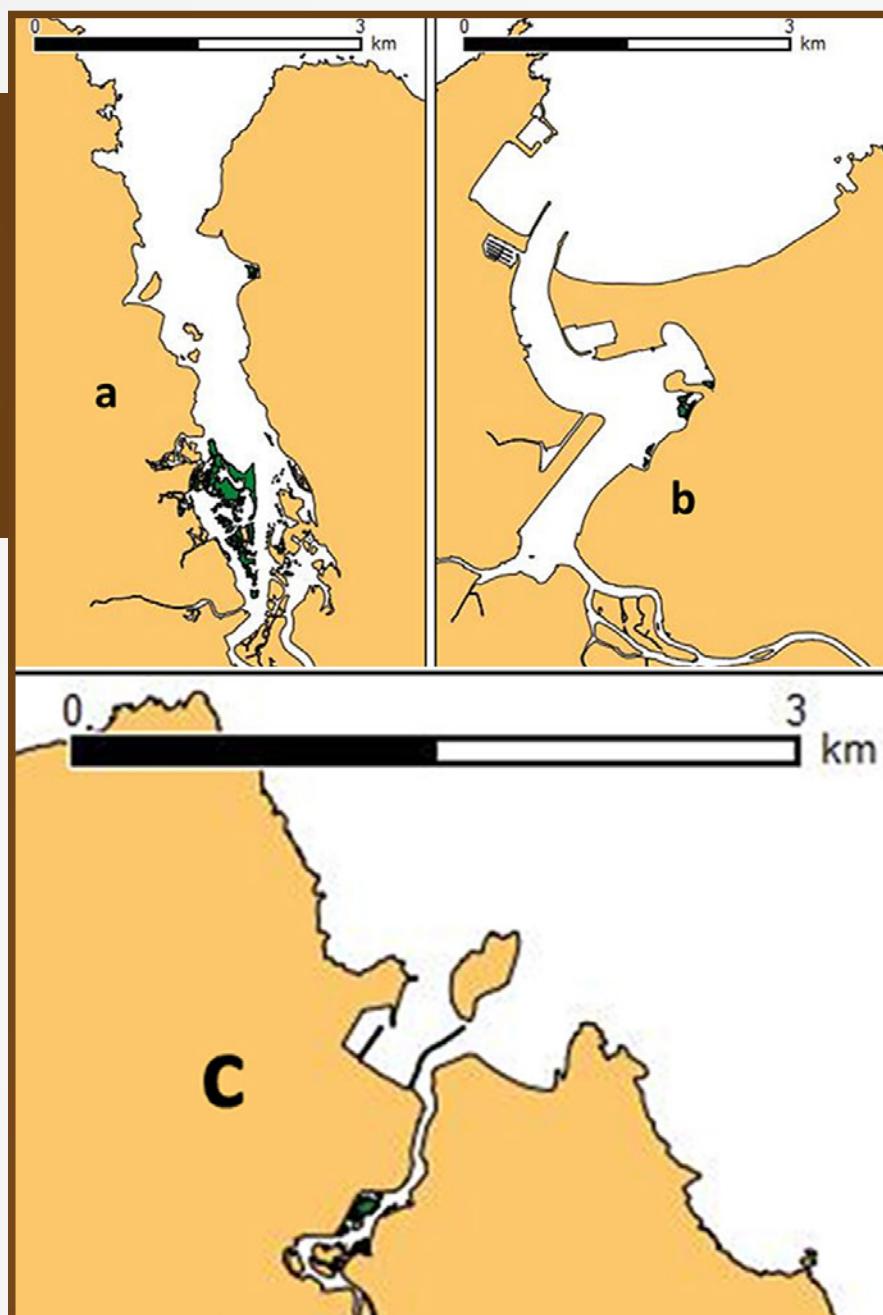
La superficie total actual de praderas de *Z. noltii* en el País Vasco es de 19,78 ha, concentrándose casi el 87% en el estuario del Oka (Tabla 1). En el estuario del Bidasoa la pradera ocupa casi 2 ha, hallándose la mayoría en la margen este del estuario (Hendaia, en Francia), y existiendo solamente unos pocos metros cuadrados en territorio guipuzcoano, dentro del Parque ecológico de Plaiaundi. Por último, el estuario del Lea presenta poco más de media hectárea de pradera marina.

Figura 5

Mapas de distribución de praderas marinas de *Zostera noltii* en el País Vasco: (a) estuario del Oka; (b) estuario del Bidasoa; (c) estuario del Lea. En marrón, la parte terrestre; en verde, la superficie ocupada por las praderas marinas en verano de 2012.

Fuente: AZTI-Tecnalia.

Figura 6



Esta cartografía se incluye dentro de los "Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca" que se vienen realizando desde el año 2008 a raíz de un convenio firmado entre AZTI-Tecnalia y la Agencia Vasca el Agua (URA). En el marco de este convenio, se ha pretendido conocer el estado y la evolución de las praderas marinas en el País Vasco con el objetivo de examinar áreas de actuación para la conservación y recuperación de las praderas en los estuarios vascos, bien a través de medidas de control y gestión o bien a través de trasplantes.

A esta escala solamente se dispone de la información de la distribución de las praderas ma-

rinas. Aunque no se ha estimado su cobertura, sí existe información previa para parte del Bidasoa (Lissardy et al., 2007), donde se estimó una cobertura de hoja inferior al 25% para el 11% de la pradera marina y una cobertura entre el 25 y 75% para el 89% de la pradera restante. Tampoco se dispone de información relativa a la densidad de haces por zonas, ya que ésta es muy variable a lo largo del año, no solo por su variación natural debido al crecimiento de su biomasa (mínimos en invierno y máximos en verano) sino también como consecuencia de las distintas presiones a las que se ven sometidas las diferentes zonas (marisqueo, aportes de arena, fondeos, etc.) que afectan al desarrollo de esta

*Estuarios vascos con presencia de pradera marina. Área total intermareal (Área interm.) de cada estuario; alturas mínimas (mín.) y máximas (máx.) de presencia de *Zostera noltii* con respecto al cero del puerto de Bilbao; área ocupada por *Zostera noltii* (ha), porcentaje de su ocupación frente a la zona intermareal de cada estuario y porcentaje de pradera de cada estuario con respecto a la superficie total de *Zostera noltii* en los estuarios vascos en 2012.*

Estuario	Área interm. (ha)	Altura min. (m)	Poblaciones de <i>Zostera noltii</i>			
			Altura máx. (m)	Área (ha)	% Interm. del estuario	% Ocupación total costa vasca
Oka	883.822	0,22	3,08	17,19	0,002	86,9
Bidasoa	122.886	0,52	2,48	1,97	0,002	9,9
Lea	32,11	1,68	3,08	0,62	1,93	3,2

planta.

Con respecto a *Ruppia maritima*, la única información que se dispone es la cita de algunas pequeñas manchas. En el año 2001 Silván & Campos (2002) confirmaron su presencia en dos de los cuatro estuarios donde se había citado previamente: en una pequeña balsa artificial de una zona industrializada en el Oria; y una nutrida población en una de las dos lagunas artificiales de aguas salobres del Parque Ecológico de Plaiaundi en el Bidasoa (Tabla 2. Fuente: Sociedad de Ciencias Aranzadi).

Tabla 1

Presencia (citas) de *Ruppia maritima* en la Comunidad Autónoma Vasca. Se indican la ubicación y las coordenadas UTM. Año de la última cita. Referencia bibliográfica. (1) Desaparecida en la actualidad. (2) En realidad no se encuentra dentro del estuario. (3) Personas que recogieron los pliegos.

Provincia	Estuario	Localidad	UTM	Año	Referencia
Bizkaia	Oka	Axpe-Busturia	30TWP2601	1984	Aseginolaza et al., 1985
Bizkaia	Oka	Gautegiz-Arteaga	30TWP2700	1985	Urrutia et al. ³
Gipuzkoa	Oria	Orio (Altxerri)	30TWN7091	2001	Silván y Campos, 2002
Gipuzkoa	Oria	Orio (próximo a la autopista)	30TWN7092	1984	Aseginolaza et al., 1985
Gipuzkoa	Urumea ¹	Loiola	30TWN5880	1901	Bubani, 1897-1901
Gipuzkoa	Bidasoa	Irun (Plaiaundi)	30TWP9700	2001	Silván y Campos, 2002
Gipuzkoa	Bidasoa ²	Hondarribia (Higuer)	30TWP90	1973	Vivant ³

Tabla 2

Presiones y amenazas

Los estuarios vascos presentan un elevado número de presiones, debido a la concentración de poblaciones humanas e industrias en su entorno, y al desarrollo portuario. Las principales presiones e impactos identificados (Tabla 3) están relacionadas con los vertidos urbanos e industriales que contaminan y eutrofizan aguas y sedimentos, y con los cambios hidromorfológicos (construcción de puertos, diques, actividades de dragado, pérdida de superficie intermareal, canalizaciones) (Borja *et al.*, 2004b, 2006).

Todas estas presiones, junto con el marisqueo, afectan directamente a las praderas marinas del País Vasco (Silván & Campos, 2002; Otxoa *et al.*, 2007; Aizpuru *et al.*, 2011).

Tabla 3

Presiones existentes en los estuarios vascos con presencia de pradera marina: Maris.-Marisqueo, Drag.-Dragados, Fond.-Fondeaderos, Vert.-Vertidos, Cont. Sed.-Contaminación de sedimentos, Macroal-Blooms de macroalgas. 0: ausencia de presión; 1: presión baja; 2: presión moderada; 3: presión alta.

Estuario	Maris.	Drag.	Fond.	Vert	Cont.Sed	Macroal
Oka	3	3	3	2	1	2
Bidasoa	1	1	1	2	2	1
Lea	0	0	0	1	1	1

Marisqueo a pie (almejas y cebo vivo)

Las praderas marinas del País Vasco coinciden en el espacio con zonas de marisqueo tradicional. Las llanuras intermareales donde se encuentran las praderas son explotadas desde hace mucho tiempo para la extracción de mo-

luscros bivalvos (principalmente almeja fina (*Venerupis decussata*) y, en menor medida, berberecho (*Cerastoderma edule*) y navaja (*Ensis* sp., *Solen marginatus*)) y cebo vivo para pesca, como cangrejillos (crustáceos decápodos como *Callianassa* sp. o *Upogebia* sp.) y gusanos poliquetos (como *Diopatra neapolitana*, *Nephrys hombergii* o *Arenicola marina*). Durante los últimos años el número de licencias de marisqueo profesional ha descendido considerablemente, y no hay perspectivas de que aumente de nuevo. Sin embargo, esta presión marisquera no desaparece debido al marisqueo furtivo y al marisqueo deportivo, que ejercen una presión continua (Bald & Borja, 2005).

Esta presión está presente especialmente en el estuario del Oka (Figura 7) y, en menor medida, en el Bidasoa, a pesar de que en este último estuario la extracción de bivalvos se ha prohibido durante los últimos años debido a la contaminación fecal que hace que se incumplan las normas sanitarias exigidas para su consumo (BOPV, 2013; Solaun & Rodríguez, 2013).

Dragados

Los dragados y vertidos de sedimento efectuados en el estuario del Oka entre 1973 y 2003 han modificado su patrón de transporte sedimentario y su morfología (Monge-Ganuzas *et al.*, 2013).

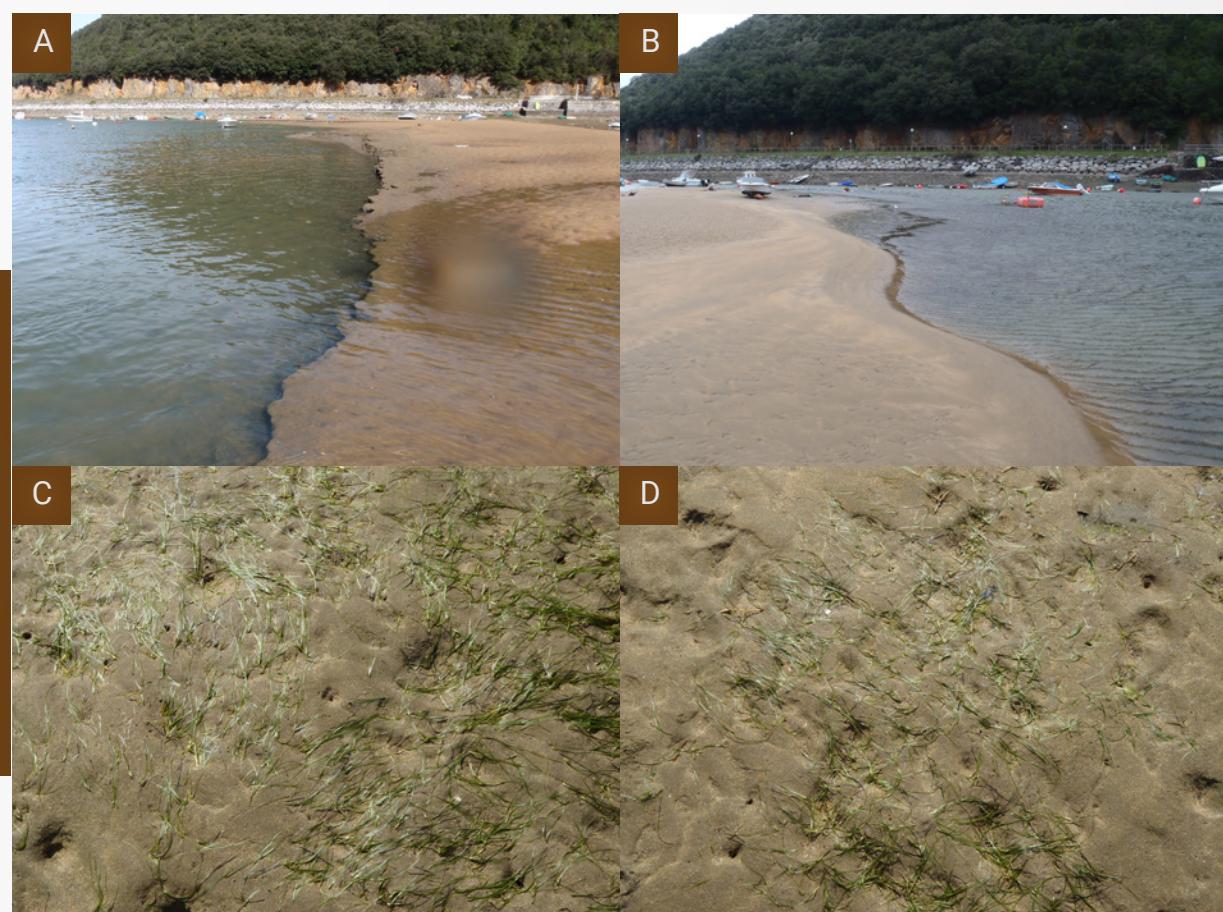
En la parte media de este estuario existe un astillero que ha dragado frecuentemente el canal principal durante los últimos años para la botadura de embarcaciones. Por ello, el régimen de circulación del estuario y su morfología han sufrido importantes modificaciones, sobre todo en la zona exterior. Ello ha supuesto el desplazamiento de grandes cantidades de sedimento, que afecta directamente a las áreas ocupadas por las praderas, enterrando algunas zonas y erosionando otras (Figura 8).



Marisqueo: extracción de almeja en el estuario del Oka (foto A) y de cangrejillos en el estuario del Bidasoa (foto B). Alteración provocada por el marisqueo sobre la pradera en el estuario del Oka (fotos C y D).

Fotografías: AZTI-Tecnalia.

Figura 7



*Cambios morfodinámicos ocasionados por dragados en el estuario del Oka: zona de erosión (foto A) en febrero de 2012 y acumulación de arena (foto B) en diciembre de 2012; enterramiento de *Zostera noltii* (fotos C y D).*

Fotografías: AZTI-Tecnalia.

Figura 8

En el caso del estuario del Lea esta presión no existe, ya que su poca profundidad solo permite el tráfico de embarcaciones ligeras. En el Bidasoa la profundidad en el interior del estuario es suficiente para las embarcaciones de poco calado que navegan por la zona, si bien durante años se han llevado a cabo dragados para la extracción de arenas en su parte media. Por otro lado, las praderas de la zona interior no parecen haber sido afectadas por la importante reordenación ejecutada en la parte exterior del estuario (construcción de un puerto deportivo, diques de abrigo, reconfiguración de la playa) durante los años 1998 a 2001. En la actualidad, la pradera más extensa de este estuario se encuentra rodeando la isla de los Pájaros (Hendaia), isla de origen artificial, fruto del vertido de las arenas procedentes de dragados entre 1979 y 80 (Etcheverria 1992, en Sanchez *et al.*, 2010). Este hecho refleja el gran poder colonizador que presenta esta especie.

Fondeaderos de embarcaciones

En la parte exterior del estuario del Oka, en la zona llamada Arketas, hay una pequeña ensenada que ofrece desde hace años un lugar de abrigo de fácil accesibilidad para embarcaciones de poco calado. Es una zona intermareal ocupada por praderas de *Zostera noltii*, y durante la bajamar las embarcaciones quedan apoyadas sobre el fondo, con el consiguiente impacto directo. Además, los sistemas de amarre también producen un daño directo sobre la pradera, bien por ocupación de espacio y fragmentación de la pradera, o bien por efecto del rozamiento de los cabos y cadenas con el movimiento provocado por las mareas (Figura 9). En el Bidasoa, los fondeaderos cercanos a las praderas de Hendaia se encuentran ubicados en la zona submareal, por lo que no hay impacto directo sobre la pradera.

Vertidos

En el estuario del Oka las presiones más importantes provienen de los numerosos vertidos sin depurar en el interior del estuario (el actual sistema de saneamiento está obsoleto y se están ejecutando las obras para su mejora); de algunos vertidos industriales (fundamentalmente procedente de aceites, laminados, tenerías, tratamientos superficiales y maderas); material procedente de los dragados periódicos realizados en el

canal para el acceso al astillero (y de la propia presencia de éste). En el caso del estuario del Bidasoa, son destacables los vertidos urbanos e industriales, provenientes fundamentalmente de la costa francesa (Borja *et al.*, 2013).

Contaminación de los sedimentos

En el estuario del Oka se han detectado valores altos de PAHs totales (Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos) en la zona intermedia del estuario durante el periodo 2009-2012, que podrían explicarse por la actividad industrial, la acumulación en la marisma y la presencia de fondeaderos de pequeñas embarcaciones de recreo. En el estuario del Lea, en la zona media del estuario, se han detectado valores altos de PAHs totales. Mientras tanto, en el estuario del Bidasoa, en la zona media que corresponde a zona de acumulación, se han detectado valores altos de PCBs (Policloruros de bifenilo) y PAHs totales. En todos los estuarios se ha apreciado una disminución global de la contaminación por metales entre los años 2000 y 2010 (Larreta *et al.*, 2013), pero a pesar de que se ha observado una tendencia general de mejoría de la calidad de aguas y sedimentos durante los últimos años (Borja *et al.*, 2013; Larreta *et al.*, 2013), la elevada actividad humana constituye una amenaza potencial que puede materializarse de forma puntual, voluntaria o accidental.

Blooms de macroalgas

En los estuarios del País Vasco cada primavera suele darse un gran desarrollo de algas verdes filamentosas y laminares, entre las que destaca *Ulva* sp. Las favorables condiciones ambientales (aumento de luz y temperatura), unidas al exceso de nutrientes en el agua, provocan la repentina aparición de grandes cantidades de esta alga que, al bajar la marea, se depositan sobre las llanuras de fango y arena. Estas "capas" que pueden superar los 5 cm de espesor, pueden cubrir las praderas e impedir la penetración de la luz solar, causando su muerte.

Terrenos ganados al mar

Las poblaciones de *Z. noltii* de los estuarios del litoral cantábrico tienen un flujo genético restringido (Chust *et al.*, 2013). Esta limitación aparece potenciada por la fragmentación de las poblaciones de praderas marinas derivada de la ganancia de terrenos al mar. Estas conclusiones se



Fondeadero: impacto directo de las embarcaciones y de sus sistemas de amarre sobre la pradera marina de Zostera noltii en Arketas (estuario del Oka).

Fotografías: AZTI-Tecnalia.

Figura 9

desprenden del estudio de la conectividad existente entre las poblaciones de los estuarios del litoral cantábrico (Asturias, Cantabria, País Vasco, comparando con poblaciones de Galicia y Arcachon) empleando técnicas genéticas (Chust *et al.*, 2013). De este estudio se infiere también que, dada su limitada capacidad de dispersión, estas praderas son especialmente vulnerables a cambios en su hábitat, en particular a aquellos que reduzcan significativamente su extensión (p. ej. actividades antropogénicas, el ascenso del nivel del mar). Se puede concluir por tanto que las praderas de *Z. noltii* se encuentran en una situación particularmente vulnerable en los estuarios vascos debido a que las poblaciones están genéticamente fragmentadas, tienen poca densidad y una extensión reducida, y hay escasez en los estuarios.

les, y podría verse además afectada por la interacción del calentamiento del agua y del aire y su poca conectividad genética (Chust *et al.*, 2013).

Cambio climático

Hay dos factores principales del cambio climático que se prevé afecten la distribución actual de las poblaciones de *Z. noltii*: el ascenso del nivel del mar y el calentamiento del agua. El ascenso del nivel del mar proyectado para finales del presente siglo es en torno a 0,5 m en el Golfo de Vizcaya, conllevando la migración natural de las especies intermareales estuáricas (p. ej. *Z. noltii*) hacia el interior de los estuarios (Chust *et al.*, 2011). Dicha migración podrá verse impedida en muchos casos por barreras fijas artificiales y naturales y dependerá por tanto de la evolución morfodinámica del estuario en cuestión (Valle *et al.*, 2014). *Z. noltii* podría por tanto considerarse especialmente vulnerable al cambio climático en el País Vasco, dado que se encuentra en sólo tres estuarios de los doce estuarios vascos principa-

Estado y tendencias

Las referencias bibliográficas más antiguas de angiospermas marinas en la Comunidad Autónoma del País Vasco corresponden a comienzos del siglo XX (Gredilla, 1913) en el estuario del Nerbioi (también conocido por Ibaizabal) y a finales del siglo XIX (Bubani, 1897-1901) en el estuario del Oiartzun. Dichas citas parecen referirse a *Zostera marina* (Aizpuru *et al.*, 2011) y son poblaciones que en la actualidad no existen. Las siguientes citas corresponden a Jovet & Dupias (1969) en el Bidasoa y a González & Fernández de Pinedo (1984) en el Oka. En estas referencias simplemente se cita su presencia sin aportar ninguna información adicional sobre su cobertura o distribución espacial. Sin embargo, estas citas y su comparación con la situación actual sugieren que durante el siglo XX las praderas marinas han desaparecido de algunos estuarios (Tabla 4). Precisamente los estuarios del Nerbioi y Oiartzun, que presentan citas antiguas tanto de *Z. marina* como de *Zostera noltii*, son los estuarios que, junto con el estuario del Urumea, han sufrido un mayor grado de alteración durante el siglo XX (tanto por la ocupación y modificación de sus márgenes como por la contaminación de sus aguas). En la actualidad no se considera que existan en ellos zonas adecuadas para la presencia de praderas marinas (Aizpuru *et al.*, 2011). El hecho de que hubieran existido praderas en los estuarios actualmente más alterados, junto con el estado actual del resto, hace suponer que en el pasado *Z. noltii* pudiera haber estado presente en buena parte de los estuarios vascos (Silván & Campos, 2002).

En el año 1997 aparecen los primeros trabajos con información cartográfica y con distinto grado de detalle, que ofrecen principalmente información sobre la presencia y distribución espacial de estas praderas: Laborda *et al.* (1997)

constatan la presencia de *Z. noltii* en el Oka (referida en su trabajo como ría de Guernica) y Borja *et al.* (2003) la citan por primera vez en el estuario del Lea.

Por otro lado, Campos & Silván (2001) y Silván & Campos (2002) llevaron a cabo algunos trabajos sobre la flora vascular amenazada en el País Vasco, en los que estimaron para *Z. noltii* una superficie de 4,07 ha en el estuario del Oka y unos pocos metros cuadrados en la zona guipuzcoana del Bidasoa (sin considerar la orilla francesa). En este último estuario se identificaron dos núcleos diferenciados de praderas, uno en Irún (zona de Plaiaundi) y otro en Hondarribia (en el puerto de Veteranos), este último desaparecido en la actualidad. Dado que en estos dos trabajos no se expone la metodología empleada, no se puede saber si son comparables. Sin embargo, teniendo en cuenta el valor de superficie aportado, probablemente se trata del mismo tipo de muestreo en ambos estudios. Realizando una comparación entre la superficie estimada (claramente inferior) y la calidad de la representación cartográfica, parece que la precisión de la superficie es inferior a la de los trabajos más actuales de Garmendia *et al.* (2008, 2013a).

En 2007, Lyssardy *et al.* (2007) muestrearon la población norte en la zona francesa del Bidasoa, utilizando un GPS y registrando el perímetro de la población con un muestreo a pie de campo. Sin embargo, no consideraron la población situada más al sur, también en la margen francesa (puerto Caneta), donde *Z. noltii* ocupaba ya en 2008 una superficie considerable. Es más probable que no muestrearan dicha zona a que la pradera se hubiera desarrollado en un único año. Por tanto, a pesar de ser una información fiable, de gran detalle y comparable en la parte cartografiada del estuario, parece incompleta.

Estuario	Zostera marina	Zostera noltii	Ruppia maritima
Barbadun	C	C	-
Nerbioi	B (1913)	B (1913)	-
Butroe	C	C ⁺ (2009)	-
Oka	C	A (1984)	A
Lea	C	A (2003)	-
Artibai	C	C	-
Deba	C	C	-
Urola	C	C	-
Oria	C	C	A
Urumea	C	C	B
Qiartzun	B (1897)	B (1897)	-
Bidasoa	B (1913)	A* (1969)	A

Presencia de las distintas especies de angiospermas marinas (*Zostera marina*, *Zostera noltii*, *Ruppia maritima*) en cada uno de los estuarios vascos. (A) Presencia actual; (B) Presencia en el pasado y ausencia actual; (C) Ausencia actual y se desconoce en el pasado; (-) Se desconoce su situación. Entre paréntesis, el año del trabajo de la primera cita. En el caso de *Z. marina* y *Z. noltii* se han realizado muestreos exhaustivos de las zonas potenciales de aparición, por lo que esta información refleja su situación actual real. En el caso de *R. maritima*, no se tiene constancia de haberse muestreado todas las zonas potencialmente adecuadas. (*) La pradera ha desaparecido de algunas zonas. (+) Se están realizando pruebas de trasplante e introducción de *Z. noltii*, y el año corresponde al primer trasplante.

En 2007, Otxoa *et al.* (2007) realizaron una cartografía de *Zostera noltii* dentro de su estudio de especies de plantas amenazadas de Bizkaia. En este trabajo se estimó una superficie de 0,94 ha para el Lea y 18,79 ha para el Oka, mediante muestreo de la zona a pie y la ayuda de un receptor GPS. A priori, es una metodología fiable, pero comparando los resultados con cartografías posteriores, se observa que los polígonos de mayor tamaño son más amplios y sencillos, lo cual sugiere una precisión menor (al menos en estas manchas) y, en consecuencia, una posible sobreestima de la superficie. Este hecho se detecta de forma clara en la población del estuario del Lea.

En 2008, Garmendia *et al.* (2008) realizaron una cartografía donde registraron el perímetro de cada mancha de pradera a pie, mediante un GPS, obteniendo una información precisa y de gran detalle, excepto en una zona del estuario del Oka (San Kristobal, en la parte media del estuario), debido a problemas de recepción de señal de satélite. Por tanto, la información del Bidasoa y Lea son correctas, y la del Oka se encuentra incompleta.

Oreja *et al.* (2010) en su trabajo limitado a la provincia de Gipuzkoa señalan que, entre los núcleos mencionados por Silván & Campos (2002), el núcleo de Hondarribia (Catalan & Aizpuru, 1986) ha desaparecido y el otro núcleo (en Irun) ocupa solamente una superficie de 26 m².

Finalmente, la cartografía de distribución de praderas más actual y fiable es la realizada por

Garmendia *et al.* (2013a) en el verano de 2012. Se trata de una cartografía realizada a pie, con la ayuda de un receptor GPS de alta precisión (error máximo de posicionamiento horizontal de 1,5 cm), cuyo objetivo era el registro de la superficie ocupada por *Z. noltii* en cada uno de los estuarios vascos con presencia de pradera marina (Tabla 5).

Dada la incertidumbre existente sobre la metodología empleada en los primeros trabajos, así como las diferentes zonas consideradas en ellas, resulta difícil su comparación y la interpretación de la evolución de las praderas. Sin embargo, los trabajos de Garmendia *et al.* 2008 y 2013a son perfectamente comparables, ya que fueron realizados por el mismo equipo investigador y siguiendo la misma metodología y precisión, por lo que la evolución temporal de ese periodo puede considerarse fiable.

De todo ello se deduce que en el periodo de 2008 a 2012, la pradera marina de *Z. noltii* en el Bidasoa ha aumentado su superficie en 0,13 ha; en el Lea en 0,48 ha; y en el estuario del Oka se han perdido 3,51 ha. Particularmente en este último estuario la pradera ha aumentado su superficie en 0,12 ha en la zona de Kanala (orilla este de la parte media); pero ha disminuido en 1,33 ha en la zona de Arketas (ensenada de la parte exter-

Tabla 4

Superficie ocupada por praderas marinas en los estuarios vascos según diferentes trabajos. El año corresponde al muestreo.
¹*zona guipuzcoana. ²zona francesa. ³cartografiado menos preciso y probablemente área sobreestimada.*
⁴*La zona de Axpe ha sido tomada de Otxoa et al. (2007), probablemente área sobreestimada.*

Fuente	Año	Lea (ha)	Oka (ha)	Bidasoa (ha)
Laborda et al., 1997	1994-95		65-68 ³	
Silván & Campos, 2002	2001		4,07	pocos ¹
Lyssardy et al., 2007	2007			1,2 ²
Otxoa et al., 2007	2007	0,94 ³	18,79 ³	
Garmendia et al., 2008	2008	0,14	20,7 ⁴	1,84
Oreja et al., 2010	2010			0,0026 ¹
Garmendia et al., 2013a	2012	0,62	17,19	1,97

Tabla 5

na), como consecuencia de los cambios morfológicos derivados de dragados previos, que han afectado directamente a la zona ocupada por la pradera (Figura 10); y, por último, ha sufrido una pérdida de 2,3 ha en la zona de San Kristobal (orilla oeste de la parte media) donde se encuentra la pradera más extensa del País Vasco.

Los informes de la *Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco* (Borja et al., 2003; 2005; 2006; 2007; 2009; 2012) ofrecen información semicuantitativa de la cobertura de las praderas desde el año 2002, con muestreos discontinuos (trianuales) en cada uno de los estuarios. Debido a la tipología de muestreo (estimaciones de cobertura con la escala de Braun-Blanquet), las estimaciones cuantitativas que se pueden extraer a partir de esta información tienen una fuerte dispersión. Sin embargo, la información cualitativa de la cobertura, así como su evolución en cada una de las zonas, refleja una mejoría en casi todas las zonas (Tabla 6).

El estado biológico obtenido en la red de seguimiento para las macroalgas/angiospermas en el año 2012 ha sido de “Bueno” a “Muy bueno” en los estuarios Oka, Lea y Bidasoa, resultando el estado ecológico de sus masas de agua, respectivamente, “Bueno”, “Moderado” y “Bueno” (Borja et al., 2013).

Por otro lado, Larreta et al. (2013) indican que, en la última década se aprecia, de forma global, una disminución de la contaminación por metales en todos los estuarios. Entre los factores implicados en esta disminución de la contaminación pueden encontrarse el cierre de empresas

contaminantes y la mejora en el saneamiento de las cuencas vertientes a los estuarios. Sin embargo, en lo referente a compuestos orgánicos, algunas zonas del Bidasoa y del Oka presentan aún concentraciones significativas de Policlorobifenilos (PCB) e Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos (PAH) respectivamente.

Por último, a pesar de la ausencia de una gestión específica de las praderas marinas en el País Vasco, recientemente se ha realizado una primera evaluación del estado de conservación de hábitats costeros de interés comunitario según el sistema EUNIS (*European Nature Information System*): la calificación del estado de conservación general del hábitat 1140 “Llanos fangosos y arenosos descubiertos en bajamar” (donde se asientan las praderas marinas en el País Vasco) es mala, en base al resultado de la evaluación de cuatro parámetros de manera independiente: Rango de extensión, Área de distribución, Estructura y funciones, Perspectivas futuras (Ihobe, 2010).

Como conclusión, en una escala de décadas, las praderas marinas en el País Vasco han experimentado una clara regresión, desapareciendo de algunos estuarios. Sin embargo, en los últimos años el ritmo global de pérdida parece haberse reducido, y en algunos estuarios las praderas incluso han aumentado ligeramente su extensión y cobertura. Este hecho junto con la ligera reducción observada de algunas presiones, como los vertidos, nos hacen ser optimistas, y esperar que, si continúa la mejora de la calidad ambiental de los estuarios y la reducción de las presiones sobre las praderas marinas del País Vasco, éstas se estabilicen o incluso empiecen a recuperarse en el futuro.



Zona de Arketas, estuario del Oka: el canal central se ha desplazado y ha afectado directamente al sedimento y a la pradera asentada sobre él. Tomado de Borja et al. (2012).

Figura 10

Tabla 6

Porcentajes de cobertura (índicador de densidad) de *Zostera noltii* dentro de las praderas. Cada estuario ha sido dividido en diferentes zonas para facilitar el muestreo y la estimación de la cobertura. Se presentan los datos para cada una de estas zonas recogidos en diferentes informes de la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. (-) Muestreado y no encontrado. El año de la tabla corresponde al año de muestreo.

Estuario-Zona	2002	2004	2005	2007	2008	2010	2011
Lea-a	5-30		30-60		30-60		60-90
Lea-b	-		-		30-60		30-60
Lea-c	-		-		30-60		60-90
Oka-a	-		-		30-60		30-60
Oka-b	60-90		5-30		30-60		30-60
Oka-c	30-60		5.30		30-60		30-60
Bidasoa-a		30-60		30-60			-
Bidasoa-b		-		-		30-60	
Bidasoa-c		-		-		5-30	
Bidasoa-d		5-30		5-30		30-60	
Bidasoa-e		30-60		60-90		60-90	

Gestión y conservación

Las zonas donde se encuentran asentadas las praderas marinas en el País Vasco cuentan con diferentes figuras de protección.

Por un lado, estas praderas marinas se asientan en hábitats incluidos en el anexo I de la Directiva Hábitats (Directiva 92/43/CEE del Consejo relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres), por lo que se consideran zonas a conservar. Estos hábitats son los "estuarios" (1130) y los "llanos fangosos o arenosos no cubiertos en marea baja" (1140).

Por otro lado, los tres estuarios que albergan praderas marinas se encuentran integrados dentro de la Red Natura 2000: Río Lea (ZEC ES2130010), Txingudi-Bidasoa (ZEC ES2120018 y ZEPA ES0000243) y Oka (también llamado en algunos documentos como Urdaibai) (ZEC ES2130007 y ZEPA ES0000144). Además, las dos últimas están dentro del Convenio RAMSAR (Humedales de Importancia Internacional) y el estuario del Oka constituye el eje central de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Por tanto, todas las praderas existentes actualmente en el País Vasco se encuentran al 100% dentro de zonas con alguna figura de protección.

Además, *Zostera noltii* adquiere un nivel de protección añadida, ya que está considerada como "especie en peligro de extinción" en el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora, Silvestre y Marina del País Vasco (Orden de 10 de enero de 2011, de la Consejera de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca) y se encuentra en la Lista Roja de la Flora vascular de la CAPV (Comunidad Autónoma del País Vasco).

La gestión de cada uno de estos estuarios debería realizarse acorde con los correspondientes Planes de Gestión. Los tres estuarios con praderas marinas se han designado recientemente como ZEC por lo que acabán de publicarse sus correspondientes Medidas de Conservación: Oka (enero de 2012), Lea (octubre de 2012) y Bidasoa (junio de 2013). En las Medidas de Conservación de los Ríos y Estuarios del País Vasco (octubre de 2012) se señala que "se promoverá la aprobación de los planes de gestión de las especies amenazadas que constituyen elementos clave de las ZEC estuarinas", citándose como tal a *Z. noltii*. Sin embargo, a pesar de que en los documentos de estos tres estuarios se menciona la importancia de las praderas de *Z. noltii*, únicamente en el caso del Oka es considerada como un elemento clave diferenciado para el que se prevé el objetivo "Mejorar las condiciones poblacionales actuales". En el caso del Lea y Bidasoa esta especie se encuentra contemplada dentro del elemento clave "Estuario" para el que está prevista, entre otras, la actuación "Monitorizar periódicamente las comunidades de flora amenazada. En su caso, adopción de las medidas necesarias para favorecer su permanencia, así como su expansión".

Tampoco se menciona ningún plan o actuación especial para *Z. noltii* en el Plan Especial de Protección y Ordenación de los Recursos Naturales del Área de Txingudi (1994) ni en el Plan Rector de Uso y Gestión de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (2003), aunque se considere importante conservar la vegetación de las marismas y zonas de fango y arena intermareales.

Además, deberían tenerse en cuenta los condicionantes de la Ley de Costas, el Plan Territorial Sectorial de Zonas Húmedas de la CAPV y el Plan Territorial Sectorial de Protección y Ordenación del Litoral de la CAPV. Dentro de este contexto, hasta el momento no se han ejecuta-

do actuaciones específicas para las praderas marinas.

En la actualidad, no existe ninguna red de monitoreo continuado de praderas marinas en el País Vasco. Sin embargo, en cumplimiento de la Directiva Marco del Agua europea, se viene realizando la Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Como parte de esta evaluación cada tres años se recoge información referente a angiospermas marinas, su distribución y extensión. Por tanto, esta red podría servir como seguimiento continuado de las praderas.

Además, AZTI-Tecnalia se encuentra realizando en la actualidad una serie de estudios para la Agencia Vasca del Agua (URA), con el objetivo de analizar la posibilidad de recuperar praderas de angiospermas marinas mediante trasplantes de ejemplares en aquellos estuarios en los que actualmente no se encuentran y que han mostrado una mejoría en sus condiciones am-

bientales: se están llevando a cabo pruebas en el estuario del Butroe (Garmendia *et al.*, 2008; 2010a, b, c; 2011; 2012; 2013b) donde no se tienen citas sobre la existencia previa de pradera marina.



Pradera de *Zostera noltii* sumergida en el estuario del Oka. Fotografía: AZTI Tecnalia.

Futuras direcciones

Dada la reducida superficie que ocupan las praderas marinas en esta Comunidad Autónoma, se sugieren las siguientes medidas o acciones:

- Mantener estudios de seguimiento de las praderas: implantar un programa de seguimiento con cartografías periódicas para analizar la evolución de las praderas y registrar cualquier síntoma de retroceso con la mayor celeridad posible para poder tomar medidas correctoras.
- Recuperar los terrenos favorables en el entorno de las poblaciones actuales, para que esta planta pueda establecerse y extenderse, aportando sus beneficios ambientales.
- Tomar en consideración las recomendaciones sugeridas para *Zostera noltii* en los planes de recuperación para la flora "en peligro de extinción" del País Vasco (Aizpuru *et al.*, 2011), donde se proponen medidas y actuaciones urgentes (regulación de usos y actuaciones, como el marisqueo y dragados; y ordenación de embarcaderos), necesarias (disminución de la contaminación de aguas y sedimentos; estudios de investigación) y convenientes (seguimiento de poblaciones actuales, campaña de concienciación y educación ambiental).
- Evaluar el daño producido por las distintas presiones existentes actualmente (marisqueo, fondeaderos, dragados) y proponer medidas de gestión para reducirlas en lo posible.
- Evaluar los posibles impactos del cambio climático (ascenso del nivel del mar, incremento de la temperatura del mar, y frecuencia e intensidad de tormentas) sobre la distribución de las praderas marinas (Chust *et al.*, 2011; Valle *et al.*, 2014).

- Determinar los factores ambientales que definen el nicho ecológico de las praderas marinas (Valle *et al.*, 2010, 2011).

- Evaluar el uso de sensores remotos aerotransportados para el cartografiado de las praderas marinas (Chust *et al.*, 2010; Garmendia *et al.*, 2013b).

- Alcanzar una mayor implicación y coordinación de las autoridades competentes en esta materia: la Demarcación de Costas del País Vasco, las Diputaciones Forales de Gipuzkoa y Bizkaia, el Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial del Gobierno Vasco, así como los Ayuntamientos de los municipios de la zona.

- Desarrollar e implantar los planes de gestión específicos para estos hábitats y esta especie. A pesar de que toda ZEC conlleva el desarrollo de los planes de gestión de los elementos claves y especies protegidas que alberga, estos aún no han sido redactados en el caso de los tres estuarios del País Vasco.

- Promover la investigación sobre la extensión y situación de las praderas marinas y sobre su posible restauración.

- Realizar campañas de educación y concienciación ambiental para dar a conocer la importancia de las praderas marinas y el interés por su conservación, incidiendo en mayor medida en aquellos usos del estuario con incidencia negativa sobre sus recursos naturales; explicar las amenazas potenciales a las que están sujetas las praderas marinas, así como unas mínimas recomendaciones para un uso y disfrute sostenibles.

Inflorescencias de Zostera noltii (en el centro) (estuario del Bidasoa, Plaiaundi, Gipuzkoa).

Fotografía: AZT/Tecnalia.





Pradera de Zostera noltii en el estuario del Oka.

Fotografía: AZTI Tecnia.

Cartografías

País Vasco

MAPAS DE DISTRIBUCIÓN DE LAS
PRADERAS MARINAS, PRESIONES Y
MEDIDAS DE GESTIÓN

MAPA 1A
Vizcaya
Distribución de
praderas marinas
en el litoral de
Vizcaya

Elaboración: IEO.

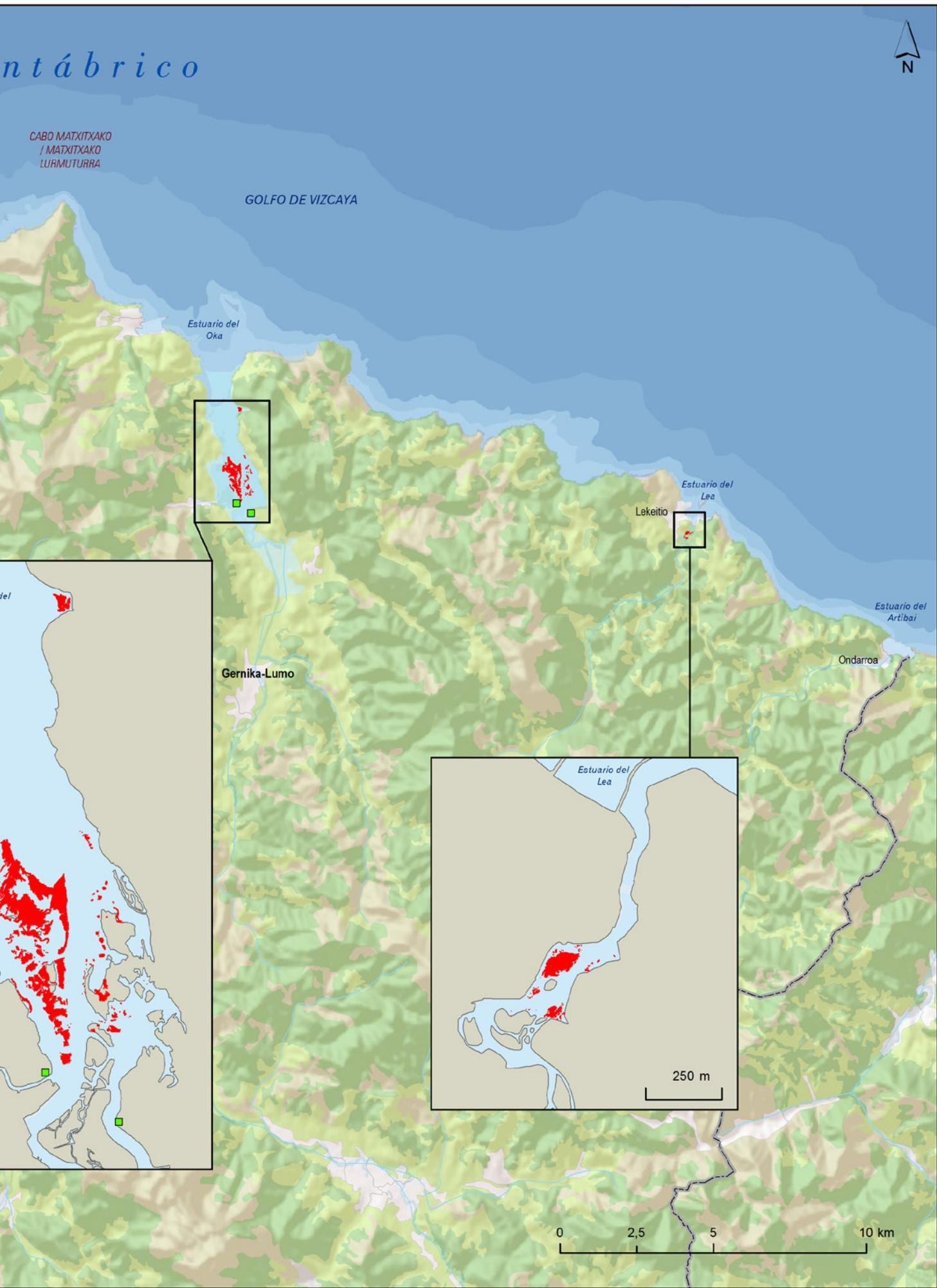
Fuentes: AZTI Tecnalia.
 Mapa Base Marino: IEO.

Mapa Base Terrestre:
 Word Shaded Relief—
 Esri, Proyecto Corine
 Land Cover—IGN/
 Agencia Europea de
 Medio Ambiente, BCN
 500- IGN.

Escala: 1:150000



n t á b r i c o



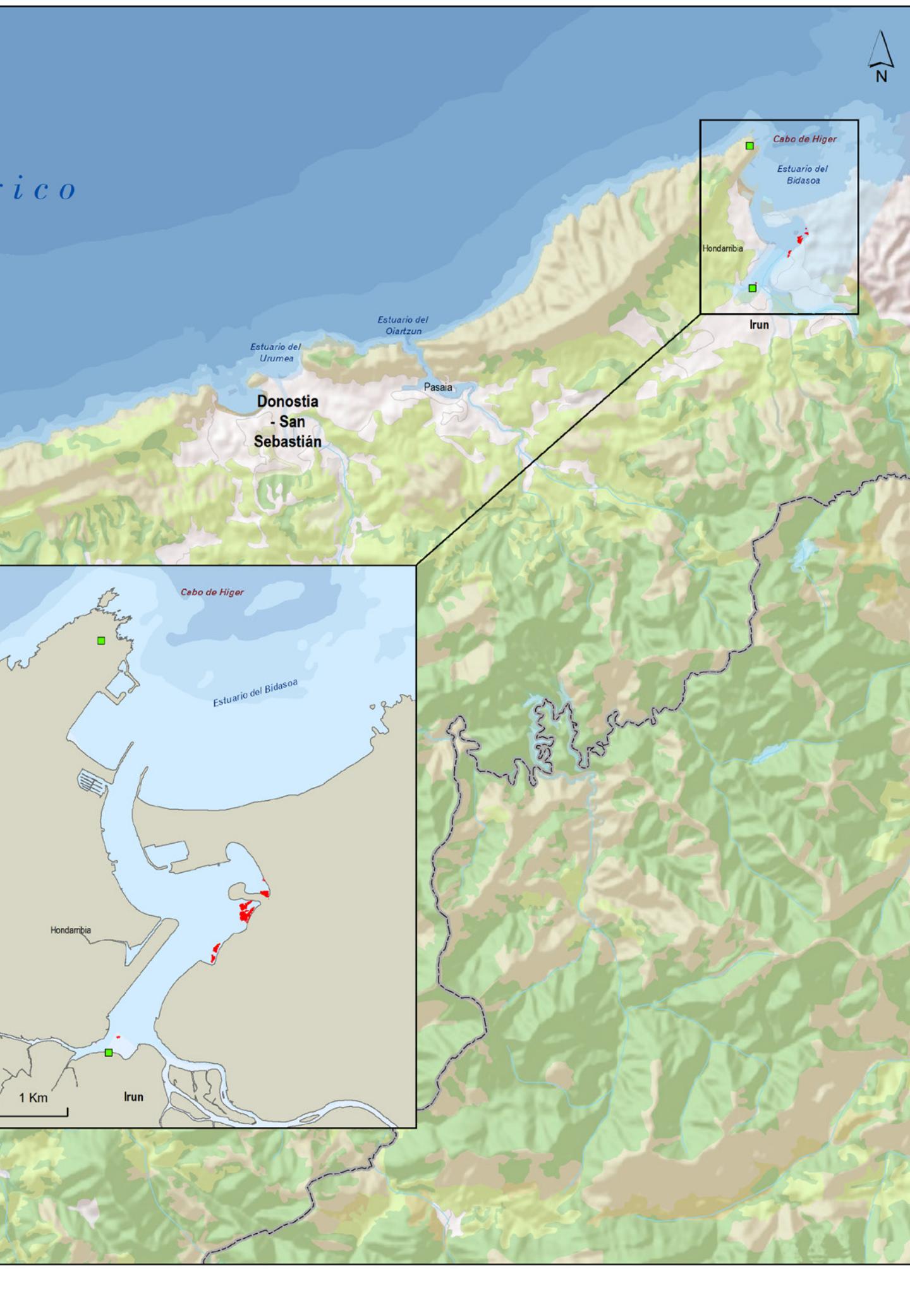
MAPA 2A
Guipuzcoa
Distribución de praderas marinas en el litoral de Guipúzcoa

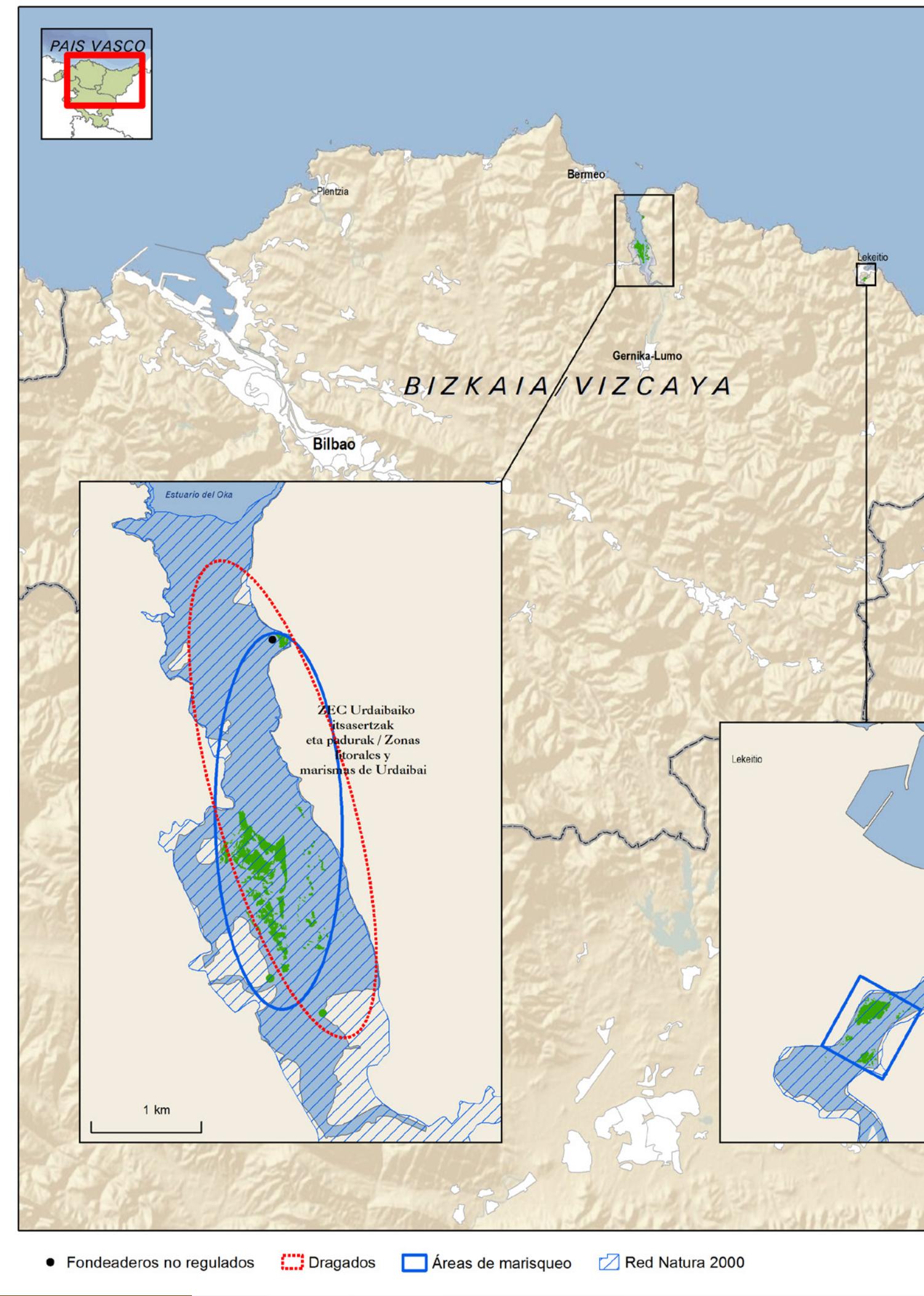
Elaboración: IEO.

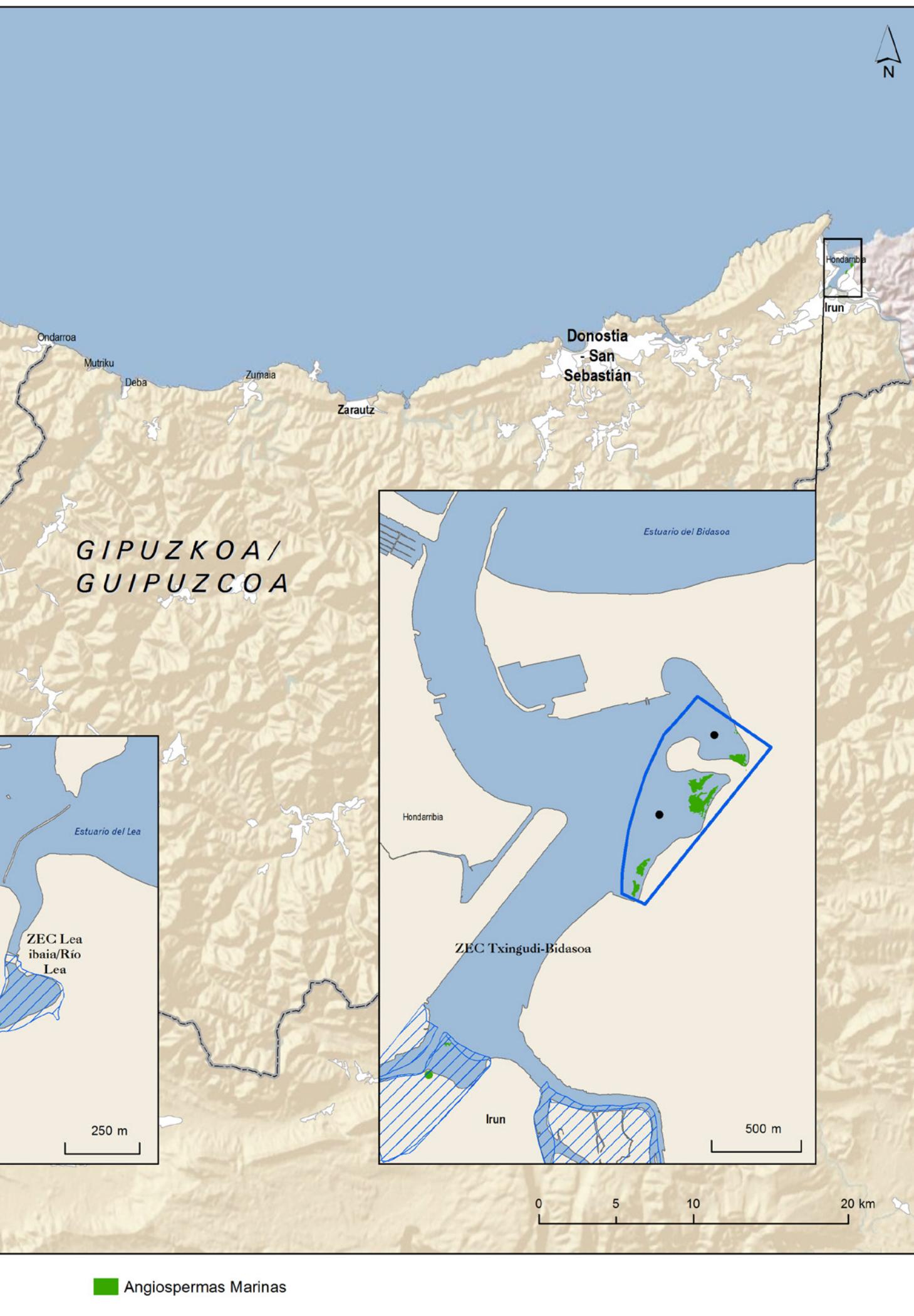
Fuentes: AZTI Tecnalia.
Mapa Base Marino: IEO. Mapa Base Terrestre: World Shaded Relief-Esri, Proyecto Corine Land Cover-IGN/Agencia Europea de Medio Ambiente, BCN 500- IGN.

Escala: 1:145000









MAPA 1B
País Vasco
**Presiones y
medidas de gestión
en el litoral del País
Vasco**

Elaboración: IEO.

Fuentes: AZTI Tecnalia, MAGRAMA, Proyecto Corine Land Cover-IGN/ Agencia Europea de Medio Ambiente. Mapa Base: World Shaded Relief-Esri, BCN 500- IGN.

Escala: 1:290000.