

Egoitza Nagusia / Sede Central

Txatxarramendi Ugarte z/g

E-48395 Sukarrieta - Bizkaia (Spain)

Tel.: +34 94 657 40 00 - Fax: +34 94 657 25 55

Parque Tecnológico de Bizkaia

Astondo bidea - Edificio 609

E-48160 Derio - Bizkaia (Spain)

Tel.: +34 94 657 40 00 - Fax: +34 94 657 25 55

Herrera Kaia - Portu aldea z/g

E-20110 Pasaia - Gipuzkoa (Spain)

Tel.: +34 94 657 40 00 - Fax: +34 94 657 25 55

www.azti.es

info@azti.es



TRABAJOS DE RESTAURACIÓN DE ZOSTERA NOLTII EN LA COSTA VASCA ACTIVIDADES DE 2014

**Informe para: Agencia Vasca del Agua - Uraren
Euskal Agentzia**



Pasaia, 20 de diciembre de 2014

Tipo documento	Informe de actividades de 2014
Título documento	Trabajos de restauración de <i>Zostera noltii</i> en la costa vasca: actividades de 2014
Fecha	20/12/2014
Proyecto	Trabajos de restauración de <i>Zostera</i>
Código	IM14Zoster
Cliente	Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia
Equipo de proyecto:	Dr. Joxe Mikel Garmendia Dr. Guillem Chust Dr. Javier Franco Dr. Ángel Borja
Responsable proyecto	Dr. Joxe Mikel Garmendia

Revisado por	Dr. Javier Franco
Fecha	20-12-2014

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:
Garmendia, J.M., G. Chust, J. Franco y Á. Borja, 2014. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca: actividades de 2014. Informe elaborado por AZTI para la Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia, 33 pp

INDICE

1	ANTECEDENTES	4
2	OBJETIVOS	5
3	INTRODUCCIÓN	5
4	TAREAS REALIZADAS	6
4.1	Seguimiento de trasplantes del butroe	6
4.1.1	Trasplante 1 (2009): zona receptora B2	6
4.1.1.1	Seguimiento del trasplante	6
4.1.1.2	Discusión	10
4.1.2	Trasplante 3 (2011): zona receptora B3	12
4.1.2.1	Seguimiento del trasplante	12
4.1.2.2	Discusión	14
4.1.3	Trasplante 4 (2012): zonas receptoras B4 y B5	16
4.1.3.1	Seguimiento de los trasplantes	16
4.1.3.1.1	Zona receptora B4	16
4.1.3.1.2	Zona receptora B5	20
4.1.3.2	Discusión	23
4.2	Producción científica	24
5	CONCLUSIONES	30
6	RECOMENDACIONES	31
7	BIBLIOGRAFÍA	32

1 ANTECEDENTES

Dentro del Convenio firmado entre AZTI y la Agencia Vasca del Agua URA, desde el año 2008 se vienen realizando distintos trabajos con las praderas de fanerógamas marinas del País Vasco. Desde entonces se han redactado informes anuales donde se pueden consultar todos los trabajos realizados y los resultados obtenidos.

Las praderas marinas están formadas por plantas con flor (fanerógamas) y forman uno de los más importantes y ricos hábitats costeros (Short *et al.*, 2011). Desarrollan funciones clave en el funcionamiento del ecosistema (Duarte, 2002) manteniendo un amplio rango de especies pertenecientes a todos los niveles tróficos e importantes desde el punto de vista ecológico (Orth *et al.*, 2006), y ofreciendo numerosos e importantes servicios ecosistémicos al medio marino (Duarte *et al.*, 2008). El valor de las praderas marinas está reconocido y respaldado por distintas normativas y convenios internacionales (Convención sobre la Diversidad Biológica, Convención OSPAR, Directiva Hábitats, Directiva Marco del Agua, IUCN) y, en este contexto, es considerado como un hábitat prioritario siendo un objetivo específico para ser conservado y restaurado (Green and Short, 2003). A pesar de ello, durante las dos últimas décadas del siglo XX se ha perdido hasta el 18% de la superficie de praderas catalogadas (Green and Short, 2003), acelerándose el declive durante los últimos años (Waycott *et al.*, 2009). Esta situación global de declive de praderas marinas puede ser empeorada por factores asociados al cambio climático (Short and Neckles, 1999), incluidos el calentamiento global (Jordà *et al.*, 2012; Valle *et al.*, 2014) y el ascenso del nivel del mar (Saunders *et al.*, 2013; Valle *et al.*, 2014). Además, considerando la función clave de las praderas en el funcionamiento del ecosistema, este declive puede ser negativo para aquellas especies que dependen de ellas, incluidas las especies de peces e invertebrados de importancia económica (Hughes *et al.*, 2009).

Las praderas marinas del País Vasco están formadas por una única especie, *Zostera noltii*. Esta especie está ampliamente distribuida a lo largo de las costas del nordeste Atlántico (Green and Short, 2003), desde el sur de Noruega hasta el sur de las costas de Mauritania, estando también presentes en el Mar Mediterráneo, Mar Negro, Mar Azov, Mar Caspio, Mar Aral (Moore and Short, 2006) y las Islas Canarias (Diekmann *et al.*, 2010). En la lista roja de especies amenazadas de la IUCN (*International Union for the Conservation of Nature*) se encuentra catalogada como especie de preocupación menor, especialmente por su amplia distribución, pero su población presenta una tendencia negativa (Short *et al.*, 2010) y por tanto debe ser protegida y monitoreada.

Esta especie forma praderas principalmente en la zona intermareal (Moore and Short, 2006), por lo que se convierte en particularmente vulnerable a los efectos derivados del cambio climático -como el aumento de la temperatura del agua y el ascenso del nivel del mar (Short and Neckles, 1999; Massa *et al.*, 2009; Chust *et al.*, 2011)- y a las presiones antrópicas (Duarte *et al.*, 2008).

Tras la modificación en febrero de 2011 del Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre y Marina (BOPV nº 37, del 23 de febrero de 2011), la especie *Zostera noltii* actualmente se encuentra catalogada dentro del primer grupo: *Especies, subespecies y poblaciones en peligro de extinción*.

Todo ello respalda la relevancia de todas aquellas actuaciones dirigidas a la protección, conservación y restauración de las praderas marinas en general y de la especie *Zostera noltii* en particular.

El 16 de diciembre de 2013, en la reunión mantenida entre miembros de URA y AZTI, se acordó continuar con el seguimiento de los trasplantes de *Zostera noltii*, dada su relevancia para poder interpretar de manera adecuada las actuaciones acometidas en este sentido en los años 2009, 2011 y 2012. Por tanto, el contenido del presente informe es el resultado de las labores realizadas en el año 2014 como continuación del trabajo iniciado en el año 2008 y desarrollado ininterrumpidamente hasta la actualidad.

El proyecto titulado “Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca” (Ref. interna de AZTI IM14ZOSTER), sobre el cual se redacta este informe anual, se integra en la quinta prórroga del Convenio de Colaboración entre la Agencia Vasca del Agua y AZTI, suscrito con fecha 7 de octubre de 2008.

2 OBJETIVOS

El objetivo general del presente proyecto de un año de duración es contribuir a la mejora de la calidad ambiental de los estuarios vascos mediante la conservación de las poblaciones naturales de *Zostera noltii* y el aumento de la superficie ocupada por esta planta por medio de actuaciones de restauración.

Como objetivo operativo para este año se planteó el seguimiento de los trasplantes ejecutados previamente en la ría del Butroe: observar su supervivencia y registrar su desarrollo.

En el año 2014 se ha continuado profundizando en el conocimiento sobre las poblaciones de *Zostera noltii* en los estuarios del País Vasco. Para ello, se han ejecutado las siguientes tareas:

- Continuación del seguimiento de los trasplantes realizados en el estuario del Butroe desde el año 2009. Su objetivo final es comprobar la viabilidad de los trasplantes en el sedimento fangoso.
- Explotación y comunicación de resultados. El objetivo es la divulgación de los resultados y conclusiones obtenidos en estos estudios en diversos foros (de ámbito científico y social).

3 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo forma parte de una línea de investigación que se inició en 2008 sobre las praderas marinas en el País Vasco. Desde entonces, se ha seguido una trayectoria cuyo eje de actuación se ha visto reflejado en los distintos informes anuales que se han redactado con el título común de *Trabajos de restauración de Zostera noltii en la costa vasca* (Garmendia *et al.*, 2008, 2010a, 2010b, 2011, 2012, 2013c). Dentro de este contexto, se considera imprescindible continuar con estos estudios, con el fin de adquirir un mayor conocimiento sobre el funcionamiento de las praderas marinas, así como explorar alternativas que puedan conducir a la recuperación real de estas comunidades en la costa vasca, ya sea a través de una recolonización natural o mediante actuaciones de restauración de hábitats.

En el anterior informe anual correspondiente a las actividades de 2013 (Garmendia *et al.*, 2013c), en el capítulo 6 de Recomendaciones, se propusieron distintas tareas o labores que se podrían abordar en fases futuras. A lo largo del año 2013 solamente se han podido llevar a cabo algunas de ellas, quedando el resto a la espera de una oportunidad que permita su desarrollo.

Siguiendo las recomendaciones de Cunha *et al.* (2012) se ha continuado con el seguimiento a medio plazo del desarrollo de los trasplantes realizados en 2009, 2011 y 2012. En este sentido, tras cumplir al menos un ciclo anual con visitas mensuales, el presente año los muestreos de reconocimiento han pasado a ser estacionales (trimestrales).

La aplicación de modelos de idoneidad de hábitats en distintos estuarios y la ejecución de nuevos trasplantes exploratorios son tareas que han quedado aplazadas. Otra línea interesante como es el empleo de semillas en experimentos de restauración también ha quedado aplazada. A continuación se resumen las tareas realizadas en el año 2014:

- Seguimiento de los trasplantes realizados en sedimentos fango-arenosos del estuario del Butroe en los años 2009 (4 UTs), 2011 (12 UTs) y 2012 (8 y 20 UTs).
- Acciones de difusión de los resultados (notas de prensa, entrevistas en programas de radio, publicaciones y presentaciones en congresos).

Por tanto, en el presente informe se exponen los resultados de las tareas mencionadas anteriormente y ejecutadas a lo largo del año 2014.

4 TAREAS REALIZADAS

4.1 SEGUIMIENTO DE TRASPLANTES DEL BUTROE

4.1.1 TRASPLANTE 1 (2009): ZONA RECEPTORA B2

Tanto la descripción de la ejecución del trasplante, como la localización de las zonas donante y receptoras, se encuentran debidamente detalladas en el informe correspondiente al año 2009 (Garmendia *et al.*, 2010a). En dicho informe se exponen además los resultados obtenidos tras el seguimiento realizado durante los primeros meses post-trasplante.

En los informes de 2010, 2011, 2012 y 2013 se ofrecen los resultados del seguimiento llevado a cabo a lo largo de esos años (Garmendia *et al.*, 2010b, 2011, 2012, 2013).

Durante el año 2014 se ha continuado realizando el seguimiento con la misma metodología empleada desde el inicio: visitas (este año trimestrales) para la obtención de fotografías, medidas de temperatura y cálculo de la densidad de haces. En el presente capítulo, se muestran los resultados correspondientes al desarrollo experimentado por las UTs trasplantadas hasta el momento, es decir, desde su trasplante en marzo de 2009 hasta octubre de 2014: se presentan los resultados obtenidos en la zona fangosa (el trasplante de la zona arenosa desapareció en la riada de junio de 2010), haciendo especial hincapié en la evolución del crecimiento horizontal, factor de crecimiento y densidad de haces experimentada en el conjunto de las UT trasplantadas.

4.1.1.1 Seguimiento del trasplante

En la Figura 1 se representa la evolución de la densidad promedio estimada en las UTs en la zona fangosa del estuario del Butroe (B2). En ella pueden observarse diferentes fases: (a) en el año 2009 hay un descenso inicial de la densidad (en cierta medida esperable y achacable al estrés provocado por la propia actuación de trasplante y al cambio de su localización) de 3.000 a 1.000 haces m^{-2} ; (b) en el año 2010 se intuye un periodo de transición donde la densidad se estabiliza en valores algo superiores a 1.000 haces m^{-2} (con la excepción de un fuerte brote en abril-mayo); (c) en 2011 comienza una progresiva y lenta recuperación, aumentando la densidad hasta valores cercanos a 2.000 haces m^{-2} ; en el periodo invernal dicha recuperación se interrumpe y se observa una disminución de la densidad hasta finales de la primavera del año siguiente. Esto último puede estar relacionado con los episodios de sedimentación que se observa en invierno y la importante aparición de algas de primavera; y (d) a partir de octubre 2012 únicamente sobrevive una UT que presenta a mostrar una recuperación en su densidad, especialmente el último año (2014) hasta superar los 5.000 haces m^{-2} en octubre de 2014, mostrando algunos de los máximos de la serie.

Trasplante *Zostera* 2009 - Densidad B2

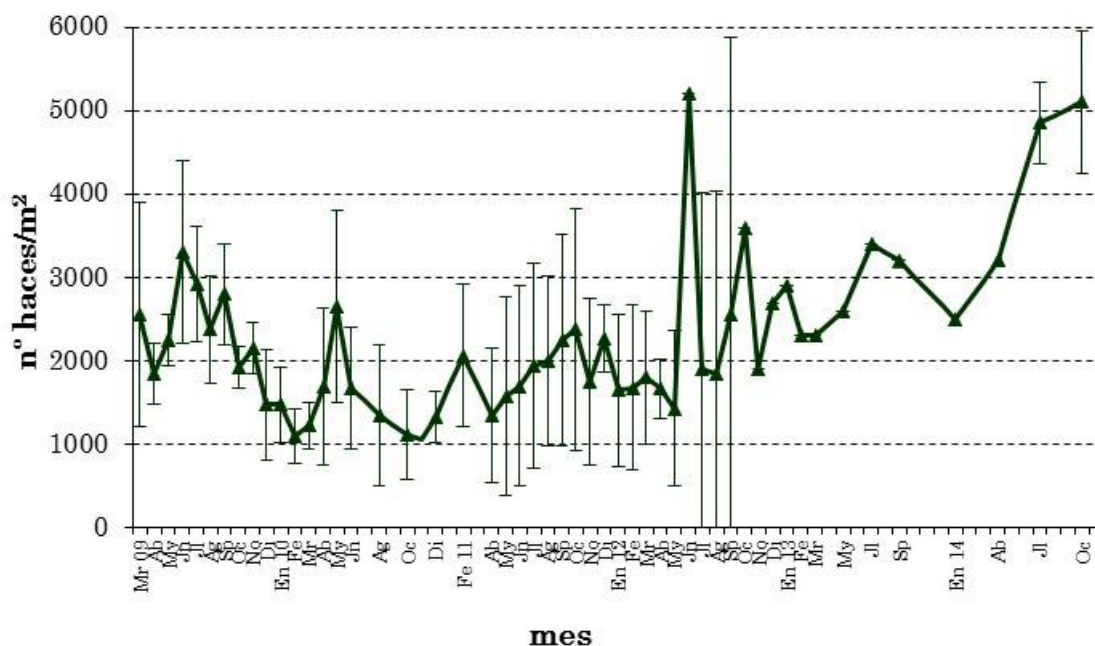


Figura 1. Evolución de la densidad de *Zostera noltii* trasplantada en el estuario del Butroe (B2). Promedio de las cuatro UTs, excepto: a partir de marzo 2012 (promedio de 3 UTs); a partir de junio 2012 (promedio de 2 UTs); y a partir de octubre 2012 (dato de una UT). En las últimas visitas se tomaron dos valores de la misma mancha. Las barras representan la desviación típica.

En la Figura 2 se muestran las densidades estimadas para cada una de las UTs de la zona fangosa B2. En esta figura pueden intuirse cuatro etapas: (a) en la primera, que abarca desde el inicio hasta marzo de 2010, todas las UTs parecen comportarse de una manera similar, mostrando sus valores dentro de un rango relativamente estrecho. (b) A partir de la fecha indicada, los valores se distancian y hay una mayor dispersión de datos. En esta segunda etapa, tres UTs (B2-1, B2-2 y B2-3) muestran unas densidades bastante estables, con una ligera tendencia hacia el aumento de sus valores; mientras que la cuarta UT, B2-4, sufre una drástica disminución de sus valores, coincidiendo precisamente con la riada ocurrida en junio de 2010. Desde entonces, esta UT no se ha recuperado y mantiene, con unas pocas hojas, una presencia testimonial del parche original. (c) En el transcurso de 2012 (tercera etapa) otras dos UTs van desapareciendo, probablemente por el efecto de los enterramientos sufridos en invierno y, principalmente, por la importante presencia del alga *Ulva* sp. que en primavera afectó directamente a estas UTs. (d) Finalmente, en la actualidad, únicamente sobrevive una UT (B2-1), pero lo hace con una buena densidad de hojas y mostrando un aspecto saludable y elevada densidad de haces (de las máximas de la serie).

La Figura 3 muestra el crecimiento de las UTs en superficie, basándose en el factor de crecimiento (Tabla 1) calculado a partir de la comparación de la superficie ocupada en las visitas mensuales a la zona y la superficie trasplantada inicialmente (UT = 43 x 28 cm = 1.204 cm²). Los cálculos de superficie ocupada se realizan mediante el programa de tratamiento de imágenes ImageJ 1.42q anteriormente mencionado.

Trasplante *Zostera* 2009 - Densidad B2 UTs

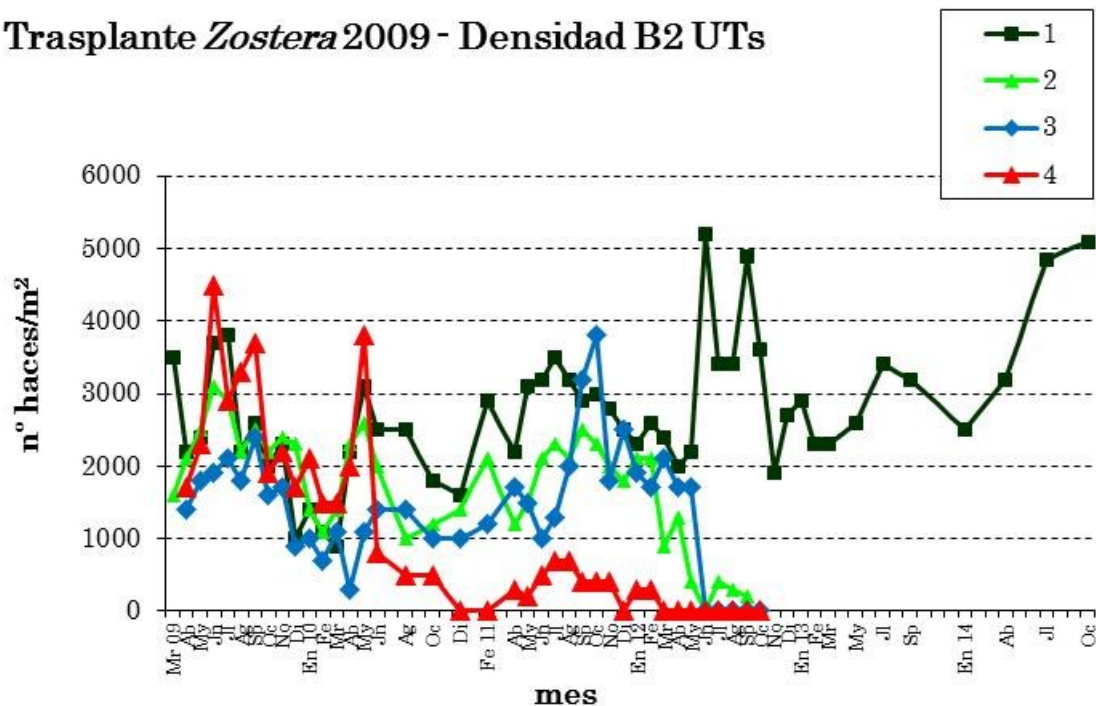


Figura 2. Evolución de la densidad de *Zostera noltii* en cada una de las UTs en la zona fangosa B2, en el estuario del Butroe.

Crecimiento UTs de *Zostera noltii* en B2

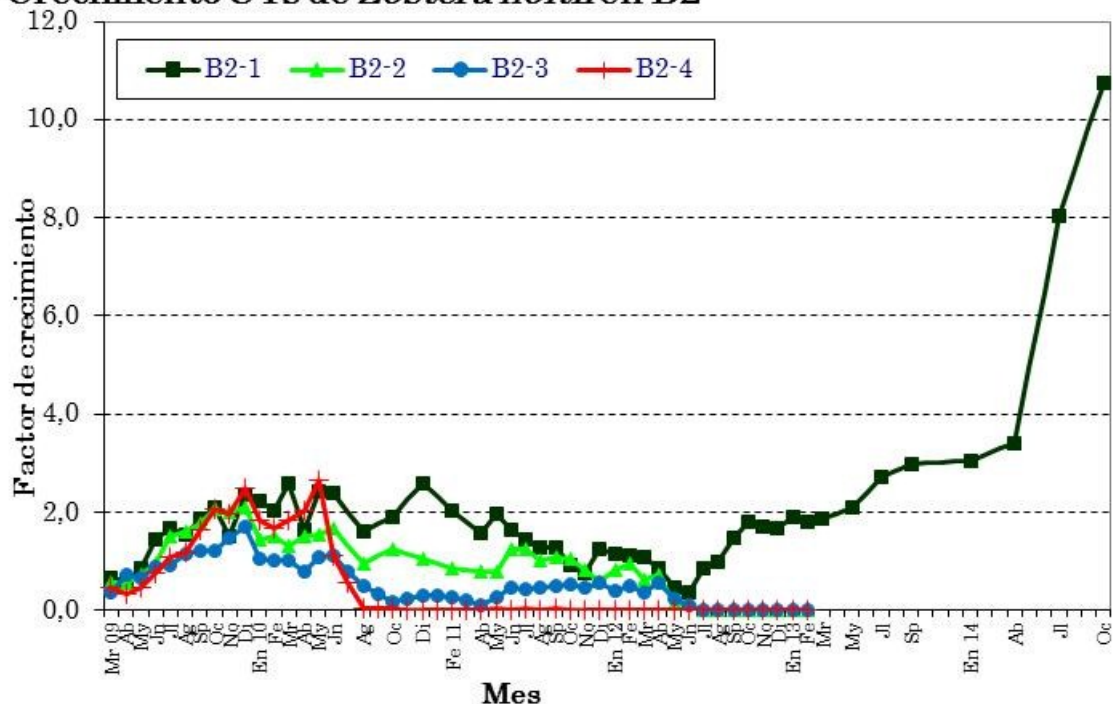


Figura 3. Incremento (factor de crecimiento) de la superficie de cada una de las UTs trasplantadas de *Zostera noltii* en B2 (sedimento fangoso del estuario del Butroe).

El desarrollo inicial de la superficie en todas las UTs de esta zona fangosa sigue un patrón parecido, especialmente en B2-1, B2-2 y B2-4 (crecimiento muy lento y progresivo hasta marzo-mayo de 2010, donde llegan a doblar su superficie). Sin embargo, B2-3 muestra un desarrollo más limitado ya desde los primeros meses esta UT sufre el efecto directo del alga *Ulva* sp. De hecho, se ve parcialmente cubierta por ella cuando, anualmente en primavera, esta alga cubre gran parte de la zona intermareal; por ello, probablemente ésta haya sido la razón por la que no se desarrolló del mismo modo que el resto de las UTs. Más adelante, en junio de 2010 y coincidiendo con la riada citada anteriormente, B2-4 sufre un drástico retroceso y prácticamente desaparece (Figura 3). A partir de la segunda mitad de 2010 hasta mayo de 2012, la UT B2-3 se recupera ligeramente y se mantiene estable, mientras que, coincidiendo con frecuentes desplazamientos de sedimento, enterramiento parcial de las hojas y aparición de una extensa capa del alga *Ulva* sp., B2-1 y B2-2 disminuyen paulatinamente sus superficies hasta casi igualar sus áreas de ocupación con la de B2-3. Sin embargo, en la segunda mitad de 2012, las UTs B2-2 y B2-3 no se recuperan y desaparecen, mientras que B2-1 vuelve a crecer hasta casi duplicar su superficie inicial. A partir de ahí, durante 2013 y 2014, esta UT ha ido creciendo progresivamente hasta ocupar una superficie casi once veces mayor que la inicial.

En definitiva, de las cuatro UTs trasplantadas inicialmente, se puede considerar que solamente sobrevive una, y actualmente presenta un buen aspecto (B2-1).

Tabla 1. Factor de crecimiento (media y desviación típica, d.t.) de la superficie de las UTs trasplantadas de *Zostera noltii* en la zona fangosa B2 del estuario del Butroe. Mes= meses transcurridos; n= nº de UTs. Las celdas sombreadas indican la desaparición de alguna UT.

Mes	Fecha	media	d.t.	n	Mes	Fecha	media	d.t.	n
0,5	Abril 2009	0,51	0,13	4	31	Octubre	0,62	0,47	4
1	Abril	0,56	0,16	4	32	Noviembre	0,51	0,37	4
2	Mayo	0,67	0,16	4	33	Diciembre	0,79	0,38	3
3	Junio	1,00	0,29	4	34	Enero 2012	0,59	0,50	4
4	Julio	1,29	0,36	4	35	Febrero	0,64	0,49	4
5	Agosto	1,36	0,24	4	36	Marzo	0,70	0,36	3
6	Septiembre	1,61	0,29	4	37	Abril	0,72	0,15	3
7	Octubre	1,85	0,43	4	38	Mayo	0,27	0,16	3
8	Noviembre	1,73	0,29	4	39	Junio	0,37		1
9	Diciembre	2,15	0,35	4	40	Julio	0,43	0,59	2
10	Enero 2010	1,64	0,50	4	41	Agosto	0,51	0,69	2
11	Febrero	1,56	0,42	4	42	Septiembre	0,75	1,04	2
12	Marzo	1,68	0,69	4	43	Octubre	1,78		1
13	Abril	1,50	0,51	4	44	Noviembre	1,69		1
14	Mayo	1,92	0,75	4	45	Diciembre	1,67		1
15	Junio	1,56	0,60	4	46	Enero 2013	1,9		1
17	Agosto	0,77	0,67	4	47	Febrero	1,79		1
19	Octubre	0,83	0,90	4	48	Marzo	1,85		1
21	Diciembre	1,31	1,17	3	50	Mayo	2,08		1
23	Febrero 2011	1,05	0,90	3	52	Julio	2,72		1
25	Abril	0,62	0,72	4	54	Septiembre	2,98		1
26	Mayo	0,76	0,87	4	58	Enero 2014	3,05		1
27	Junio	0,83	0,73	4	61	Abril	3,41		1
28	Julio	0,79	0,67	4	64	Julio	8,02		1
29	Agosto	0,70	0,57	4	67	Octubre	10,75		1
30	Septiembre	0,72	0,57	4					

4.1.1.2 Discusión

A lo largo de este año 2014 se han repetido los fenómenos de sedimentación detectados y mencionados en informes previos (Garmendia *et al.*, 2010b, 2011, 2012, 2013), es decir, durante los distintos meses, la capa superficial del sedimento presenta distinta textura: normalmente en invierno es más arenoso y a finales de verano y otoño, suele aparecer una capa de fango. Estas situaciones de enterramiento suelen repercutir directamente en la supervivencia de *Zostera* que debe sobreponerse a este obstáculo y abrirse paso hacia la superficie para encontrar las condiciones adecuadas para el desarrollo de sus hojas.

A pesar de que, como todos los años, en primavera se observó un fuerte crecimiento de *Ulva* sp. en la zona, en este año 2014 este trasplante no se vio tan directamente afectado como en años previos (Figura 4). En 2014, la aparición de esta alga se ha producido entre los meses de abril y mayo.

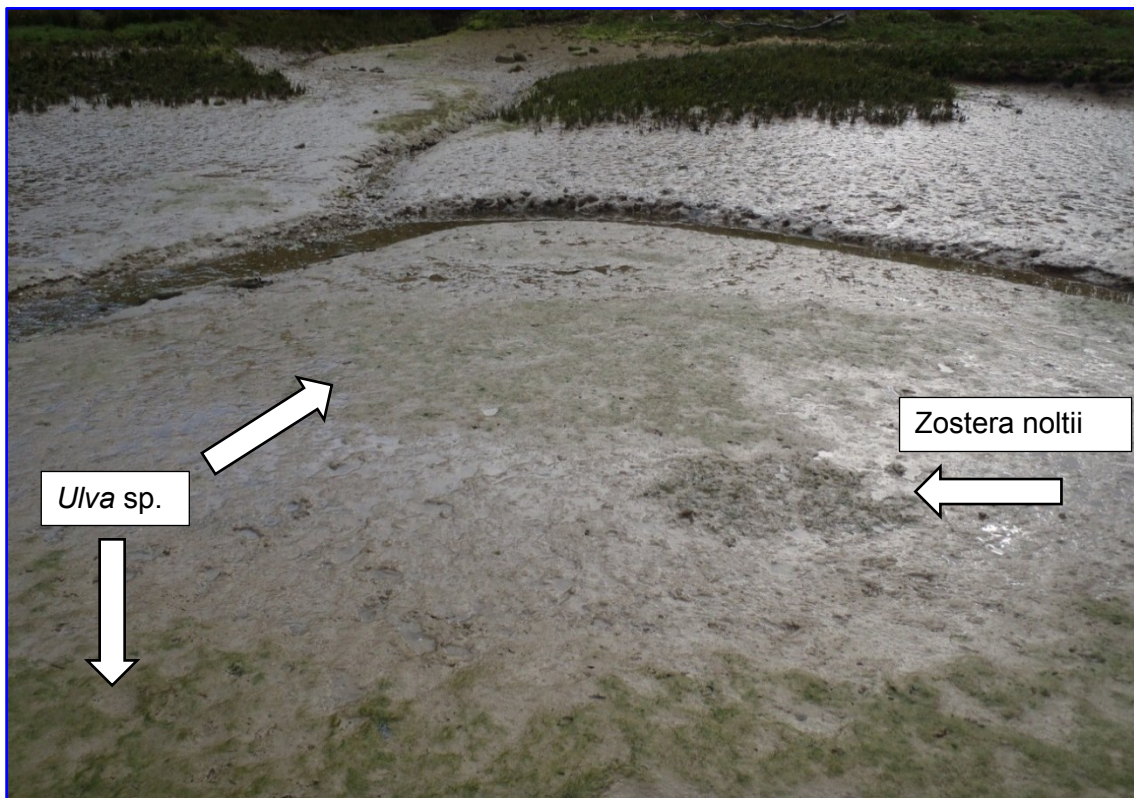


Figura 4. La zona B2 donde se encuentran las UTs trasplantadas en 2009 se encuentra rodeada por el alga *Ulva* sp. en abril de 2014. Aún no se había alcanzado la máxima presencia del alga.

Tras 67 meses, en octubre de 2014, una UT (B2-1) presenta un buen aspecto de sus hojas y una buena densidad, con una superficie casi 11 veces mayor que la inicial.

Considerando el trasplante en su conjunto, la superficie inicial trasplantada fue de 4.816 cm² (= 4 UTs); y a los 67 meses se ha medido una superficie de ocupación de 12.940 cm². Por tanto, el trasplante ha crecido 2,7 veces su tamaño inicial.

A la vista de la variabilidad de los resultados obtenidos (especialmente en densidad) se demuestra que es necesario un seguimiento plurianual largo (al menos 5 años continuados con un seguimiento posterior más extendido) antes de emitir unas conclusiones definitivas, tal y como sugieren algunos autores (Leschen *et al.*, 2010; Tanner *et al.*, 2010; Cunha *et al.*, 2012).

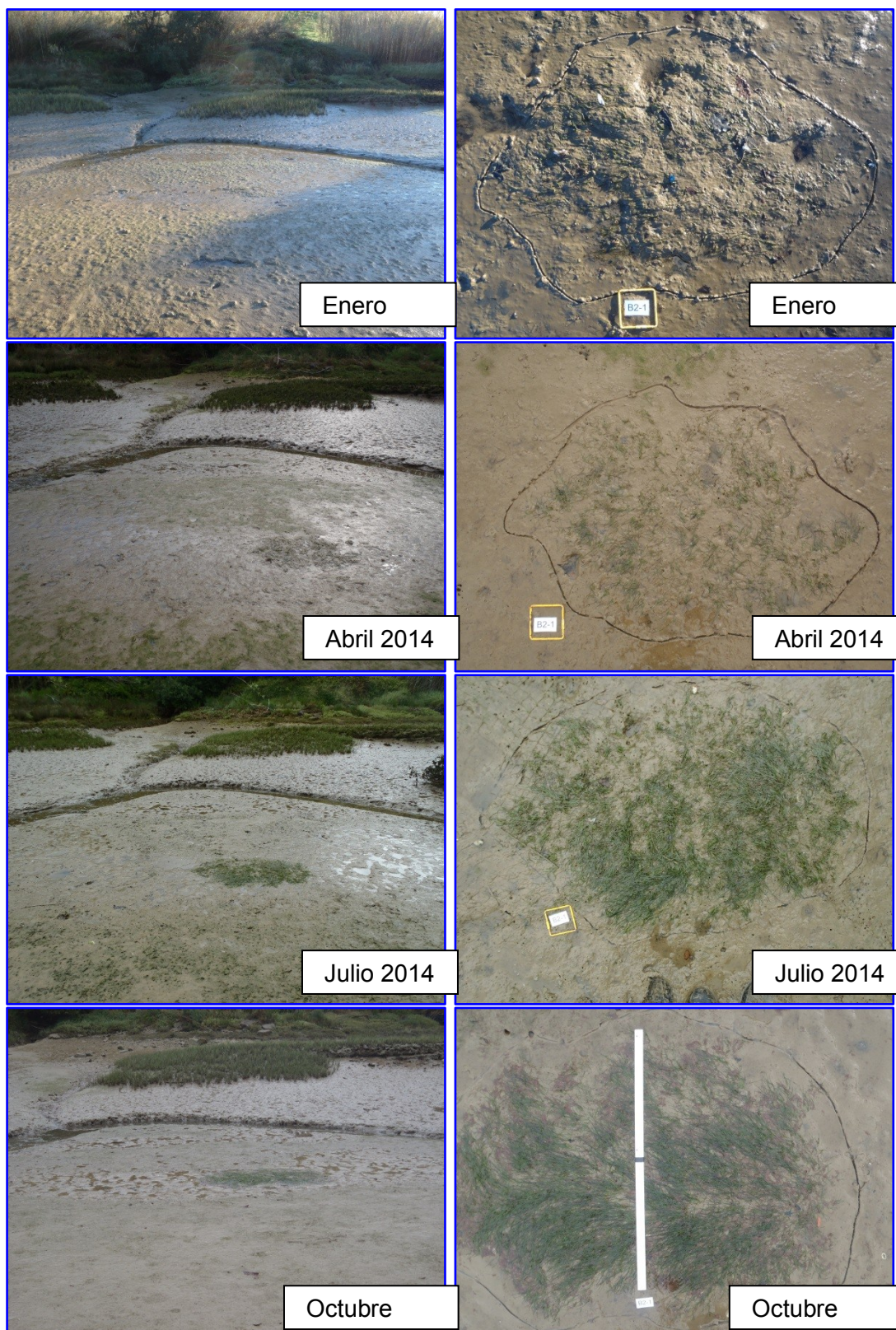


Figura 5. Evolución en 2014 de la zona B2 del Butroe (trasplante de 2009). En las fotografías de la derecha, el cuadrado amarillo tiene un lado de 10 cm y la barra blanca mide 100 cm.

4.1.2 TRASPLANTE 3 (2011): ZONA RECEPTORA B3

Tanto la descripción de la ejecución del trasplante, como la localización de las zonas donante y receptoras, se encuentran debidamente detalladas en el informe correspondiente al año 2011 (Garmendia *et al.*, 2011). En dicho informe se exponen, además, los resultados obtenidos tras el seguimiento realizado durante los primeros meses post-trasplante.

En los informes de 2011, 2012 y 2013 se ofrecen los resultados del seguimiento llevado a cabo a lo largo de esos años (Garmendia *et al.*, 2011, 2012, 2013).

Durante el año 2014 se ha continuado realizando el seguimiento con la misma metodología empleada desde el inicio: visitas (este año trimestrales) para la obtención de fotografías, medidas de temperatura y cálculo de la densidad de haces. En el presente capítulo, se muestran los resultados correspondientes al desarrollo experimentado por las UTs hasta el momento, es decir, desde su trasplante en abril de 2011 hasta octubre de 2014.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la mencionada zona, haciendo especial hincapié a la evolución del crecimiento horizontal, factor de crecimiento y densidad de haces experimentada en cada UT y en el conjunto de todas ellas.

4.1.2.1 Seguimiento del trasplante

Atendiendo a los valores promedio (Figura 6), la tendencia general señala un progresivo y ligero descenso durante el año 2011. Sin embargo, en el año 2012 parecen estabilizarse los valores y se aprecia la misma tendencia observada en la población donante de Oka (OKDA) aunque con valores bastante más atenuados. En el año 2013 ocurre algo similar aumentando las densidades en verano. Finalmente, en 2014 se han observado unas densidades bajas (las más bajas de todo el seguimiento) y estables a lo largo de todo el año (sin observarse un aumento en verano).

Si bien durante el primer año se estimó la superficie ocupada para cada una de las UTs y posteriormente se calculó el promedio de los factores de crecimiento, la rápida fusión de algunas UTs y su situación actual dificultan enormemente la aplicación de la misma metodología, por lo que se modificó el modo de cálculo del factor de crecimiento: a partir de agosto de 2012 se calcula el total de la superficie ocupada por las UTs y se compara con el total trasplantado (Tabla 2).

Durante los primeros tres años se ve un comportamiento similar: ligero aumento de la superficie de ocupación en primavera y verano, y retorno a valores iniciales en invierno. Sin embargo, en el cuarto año (2014) la superficie ocupada es inferior a la superficie inicial (Figura 7).

En la Figura 8 (fotografías generales de la zona B3 a lo largo del año 2014) puede observarse el aspecto de los trasplantes y el desarrollo del canal secundario que divide la zona trasplantada.

Trasplante *Zostera* 2011 - Densidad B3

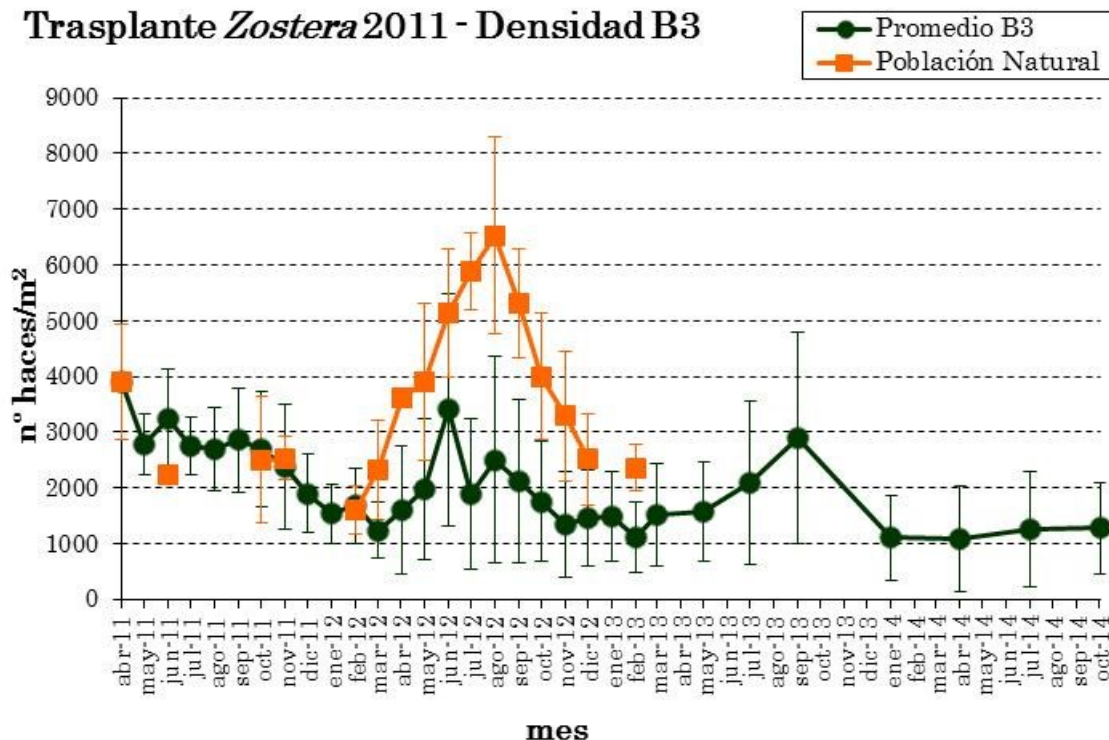


Figura 6. Evolución del promedio de la densidad de haces en la zona B3 del Butroe y en la población natural de la zona donante del Oka. Las barras representan la desviación típica.

Tabla 2. Factor de crecimiento (FC) de la superficie de las UTs trasplantadas en 2011 a la zona B3 del Butroe. Superficie total (ST) de 9 UTs 9.234 cm² y de 12 UTs 12.312 cm²; n número de UTs considerado en el cálculo de la ST. Las celdas sombreadas indican la desaparición de alguna UT.

B3					B3				
Mes	Fecha	ST (cm2)	FC	n	Mes	Fecha	ST (cm2)	FC	n
1	Mayo 2011	9.254	1,00	9	16	Agosto	15.944	1,29	12
2	Junio	10.719	1,16	9	17	Septiembre	15.013	1,22	12
3	Julio	11.240	1,22	9	18	Octubre	17.802	1,45	12
4	Agosto	13.426	1,45	9	19	Noviembre	14.753	1,20	12
5	Septiembre	13.834	1,50	9	20	Diciembre	14.924	1,21	12
6	Octubre	12.126	1,31	9	21	Enero 2013	15.414	1,25	12
7	Noviembre	12.390	1,34	9	22	Febrero	15.221	1,24	12
8	Diciembre	11.254	1,22	9	23	Marzo	13.213	1,07	12
9	Enero 2012	10.405	1,13	9	25	Mayo	14.869	1,21	12
10	Febrero	10.748	1,16	9	27	Julio	17.024	1,38	12
11	Marzo	9.989	1,08	9	29	Septiembre	18.687	1,52	12
12	Abril	9.303	1,01	9	33	Enero 2014	11.727	0,95	12
13	Mayo	9.902	1,07	9	36	Abril	7.588	0,62	12
14	Junio	11.004	1,19	9	39	Julio	10.871	0,88	12
15	Julio	12.601	1,36	9	42	Octubre	9.499	0,77	12

Crecimiento UTs de *Zostera noltii* en B3

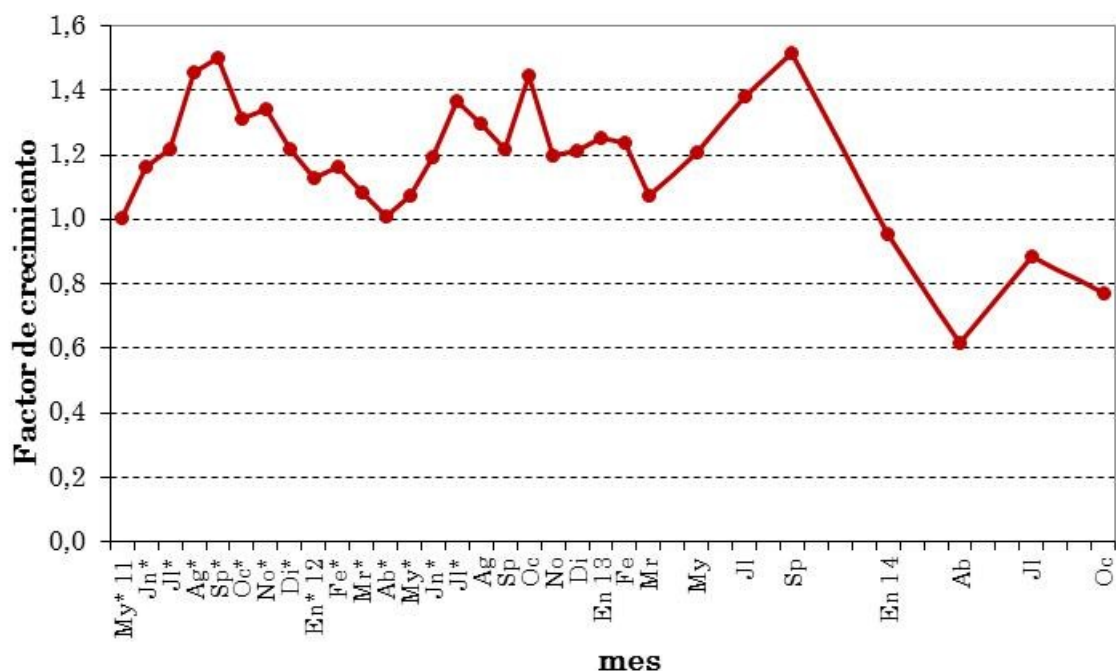


Figura 7. Incremento (factor de crecimiento) de la superficie total de *Zostera noltii* trasplantada en 2011 en B3. *Cálculo realizado con superficie total de 9 UTs.

4.1.2.2 Discusión

Desde una visión general, las unidades trasplantadas a esta zona han mostrado un comportamiento similar durante los primeros tres años. Se aprecia una fluctuación estacional, mostrando los valores más elevados tanto de densidad como de ocupación superficial entre julio y octubre, y los valores más bajos entre febrero y abril. A pesar de que la dinámica de la densidad simula a la de una población natural, lo hace en unos registros inferiores. Parece que estos trasplantes aún no adquieren la suficiente energía como para desarrollarse en el mismo rango de valores de una pradera natural. En este sentido, la ocupación superficial tampoco muestra un desarrollo rápido. Algunas UTs crecen de manera relevante, pero esto no se ve reflejado en el cómputo general ya que otras UTs (las del borde de la zona) han ido desapareciendo, probablemente como consecuencia de las diferentes presiones a las que se ve sometida: aportes de material sedimentario fino en invierno, aparición de cubierta algal en primavera y el efecto de un canal secundario que divide el parche, entre otras. Estas circunstancias entorpecen la adaptación de los trasplantes a sus nuevas condiciones y ralentizan el esperado desarrollo y establecimiento de una nueva pradera. Sin embargo, en el cuarto año la situación parece haber empeorado: las densidades se han estabilizado en valores más bajos a lo largo de todo el año y la ocupación superficial es claramente inferior al inicial, ya que una de las manchas de pradera no ha progresado satisfactoriamente y se encuentra semienterrada. A pesar de ello, una pequeña mancha (unas dos UTs) mantiene su buen aspecto y su supervivencia ofrece una imagen esperanzadora. De acuerdo con otros autores (Leschen *et al.*, 2010; Tanner *et al.*, 2010; Cunha *et al.*, 2012), aún es demasiado pronto para emitir conclusiones fiables sobre el resultado del trasplante ejecutado en B3 en el año 2011. Debe proseguirse con su seguimiento durante más años ya que la variabilidad interanual es importante.

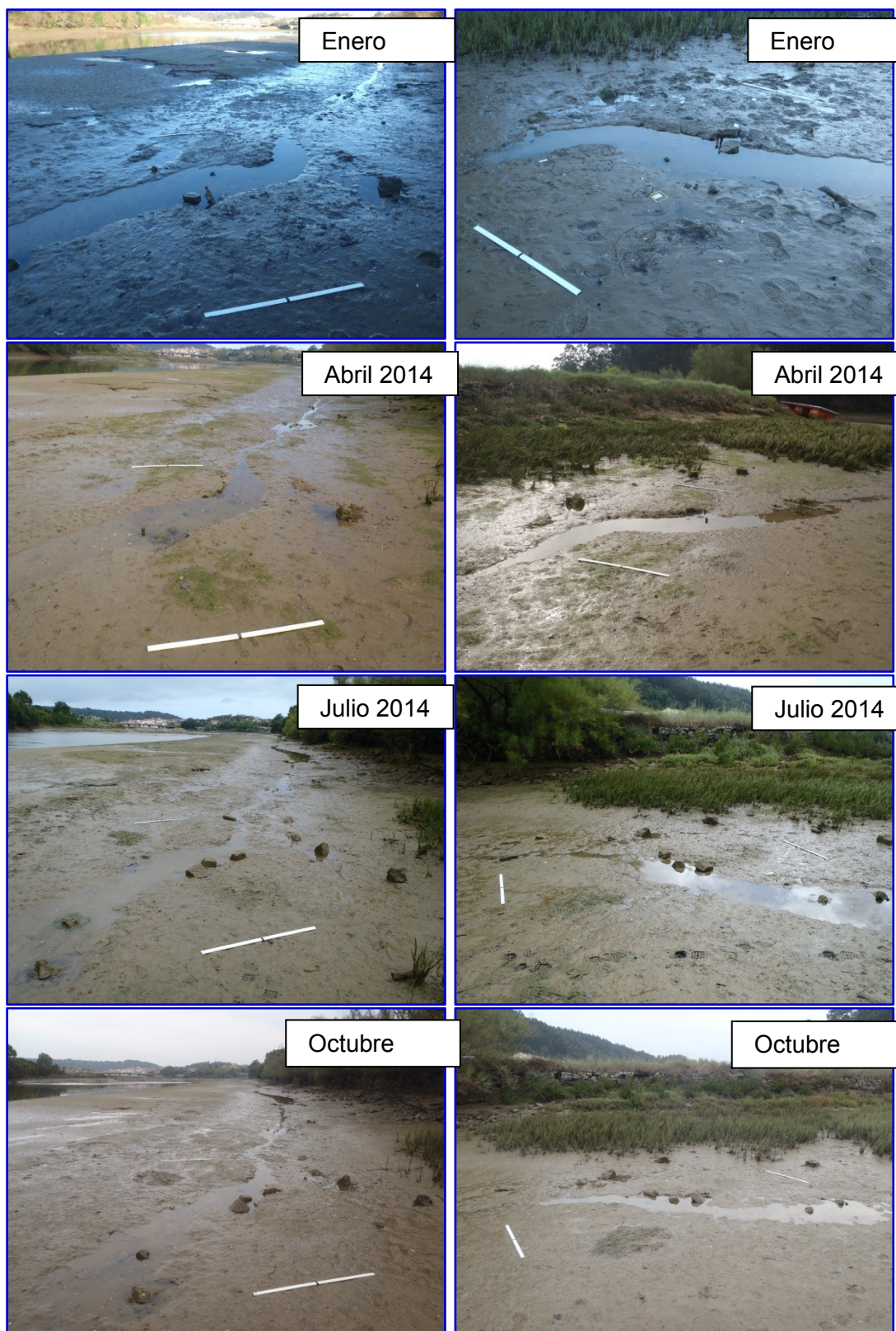


Figura 8. Evolución en 2014 de la zona B3 del Butroe (trasplante de 2011). La barra blanca mide 1 m de longitud.

4.1.3 TRASPLANTE 4 (2012): ZONAS RECEPTORAS B4 Y B5

Tanto la descripción de la ejecución del trasplante, como la localización de las zonas donante y receptoras, se encuentran debidamente detalladas en el informe correspondiente al año 2012 (Garmendia *et al.*, 2012). En dicho informe se exponen además los resultados obtenidos tras el seguimiento realizado durante los primeros meses post-trasplante.

En el informe de 2013 se ofrecen los resultados del seguimiento llevado a cabo a lo largo de ese año (Garmendia *et al.*, 2013).

Durante el año 2014 se ha continuado realizando el seguimiento con la misma metodología empleada desde el inicio: visitas (este año trimestrales) para la obtención de fotografías, medidas de temperatura y cálculo de la densidad de haces. En el presente capítulo, se presentan los resultados correspondientes al desarrollo de las UTs hasta el momento, es decir, desde su trasplante en marzo de 2012 hasta octubre de 2014.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la mencionada zona, haciendo especial hincapié a la evolución del crecimiento horizontal, factor de crecimiento y densidad de haces experimentada por cada UT.

4.1.3.1 Seguimiento de los trasplantes

4.1.3.1.1 Zona receptora B4

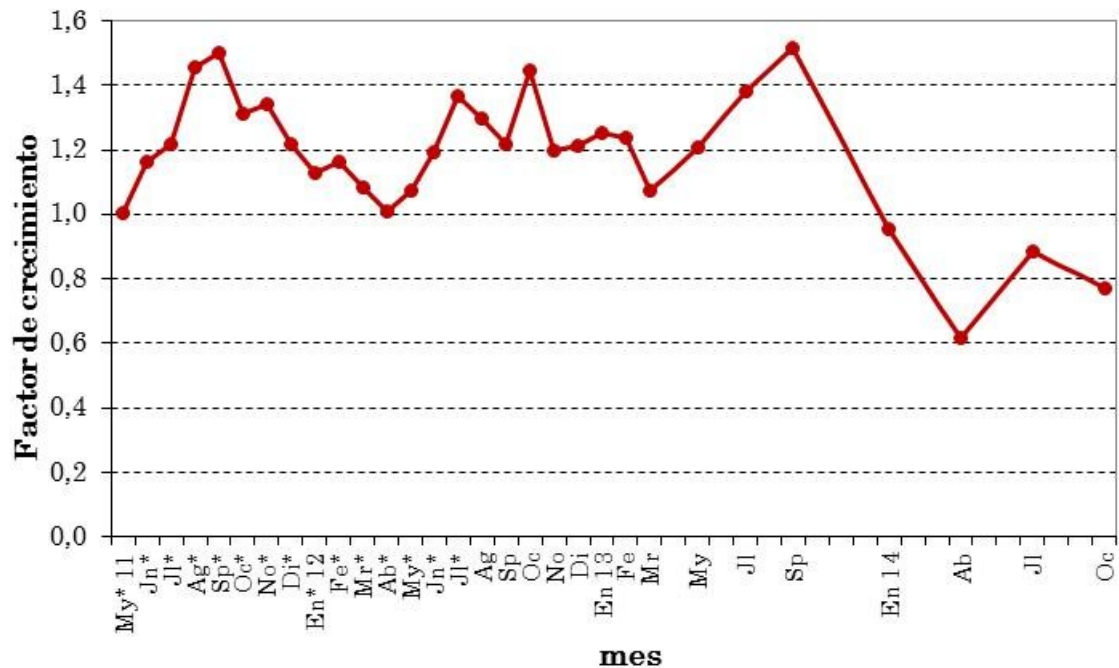
A partir de la realización de los trasplantes en marzo de 2012, esta zona receptora de 8 UTs fue visitada mensualmente durante el primer año y posteriormente con una menor periodicidad con el fin de realizar el seguimiento de todas las UTs del mismo modo en que se hizo con los trasplantes previos. Esto es, en cada punto se realizaron fotografías de cada una de las UTs para poder estimar el crecimiento horizontal y calcular el factor de crecimiento mediante un programa informático de tratamiento de imágenes, y se calculó la densidad de haces de 6 UTs (todas excepto las 2 que quedan en el interior del mosaico trasplantado) mediante el conteo de haces en un cuadrado de 10 x 10 cm.

En la Figura 9 se representa la evolución de las densidades calculadas para cada una de las 6 UTs. Se observa bastante variabilidad espacial y temporal en el comportamiento de las UTs.

Atendiendo a los valores promedio de estas 6 UTs (Figura 10), la tendencia general indica un descenso inicial y un mantenimiento en valores inferiores a los observados en la población donante, con un posterior incremento de la densidad en el verano de 2013. Esta tendencia al aumento se mantiene durante el año 2014.

En la Figura 11, donde se representa el factor por el cual se ha visto multiplicada el área total trasplantada, se observa un crecimiento lento y de manera escalonada de la ocupación superficial: tras un mantenimiento inicial de las UTs trasplantadas durante unos siete meses, se observa un ligero incremento del área y mantenimiento durante otros siete meses, y un importante aumento en verano de 2013. En los meses iniciales el cálculo de la superficie total se realizó en base a la superficie total de 6 UTs (señalado con asterisco), pero con el desarrollo y fusión de las UTs la identificación de manera individualizada de éstas resulta imposible y, a partir de agosto, se calculó la superficie total de las 8 UTs. En realidad, algunas UTs iniciales desaparecen, pero la superficie total del parche aumenta gracias a la ocupación de la superficie entre UTs. Este cambio de área ocupada da una sensación de movimiento o desplazamiento de la pradera.

Crecimiento UTs de *Zostera noltii* en B3



Trasplante *Zostera* 2012- Densidad B4 UTs

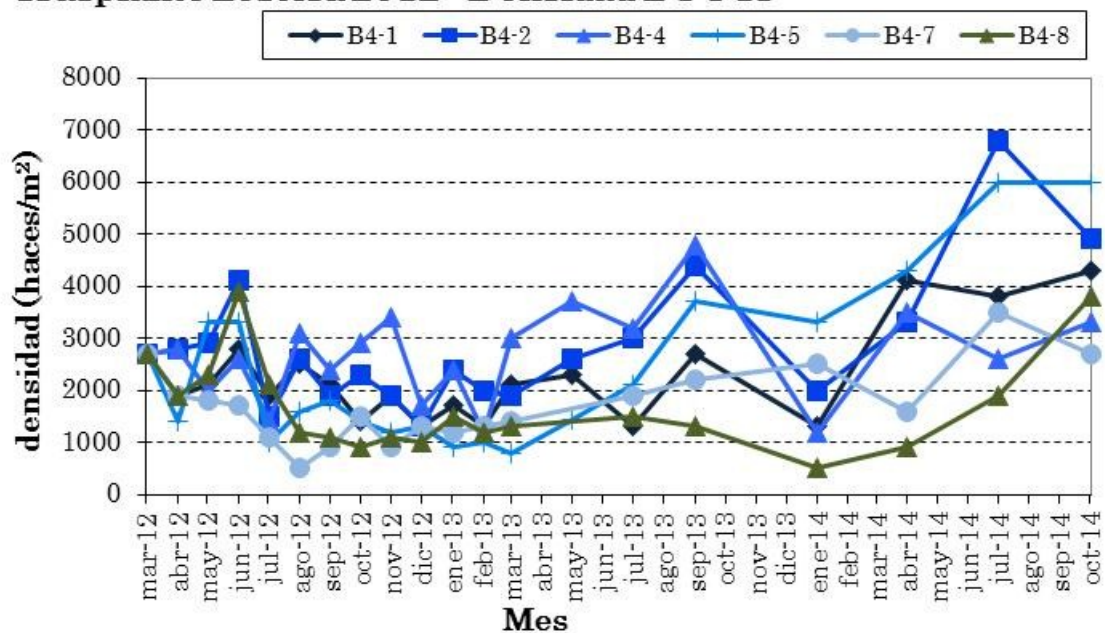


Figura 9. Evolución de la densidad de haces en cada una de las UTs de la zona B4 del Butroe en el trasplante de 2012.

Trasplante *Zostera* 2012 - Densidad B4

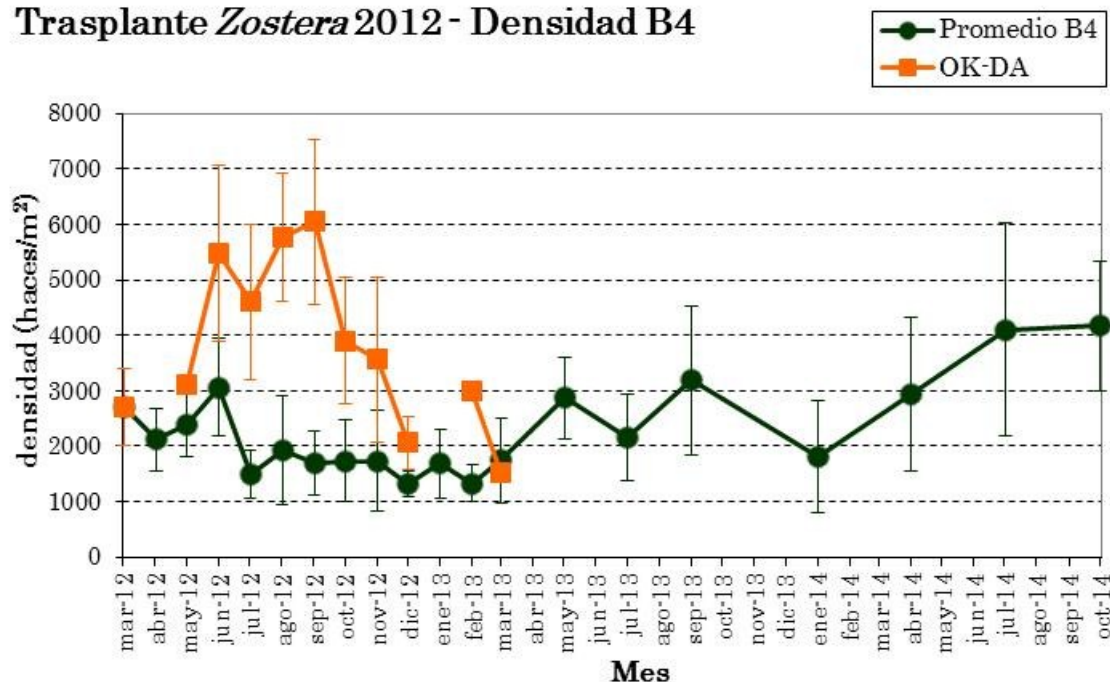


Figura 10. Evolución del promedio de la densidad de haces en 6 de las 8 UTs de la zona B4 del Butroe en el trasplante de 2012 y en la población donante del Oka (OK-DA). Las barras representan la desviación típica.

Crecimiento UTs de *Zostera noltii* en B4

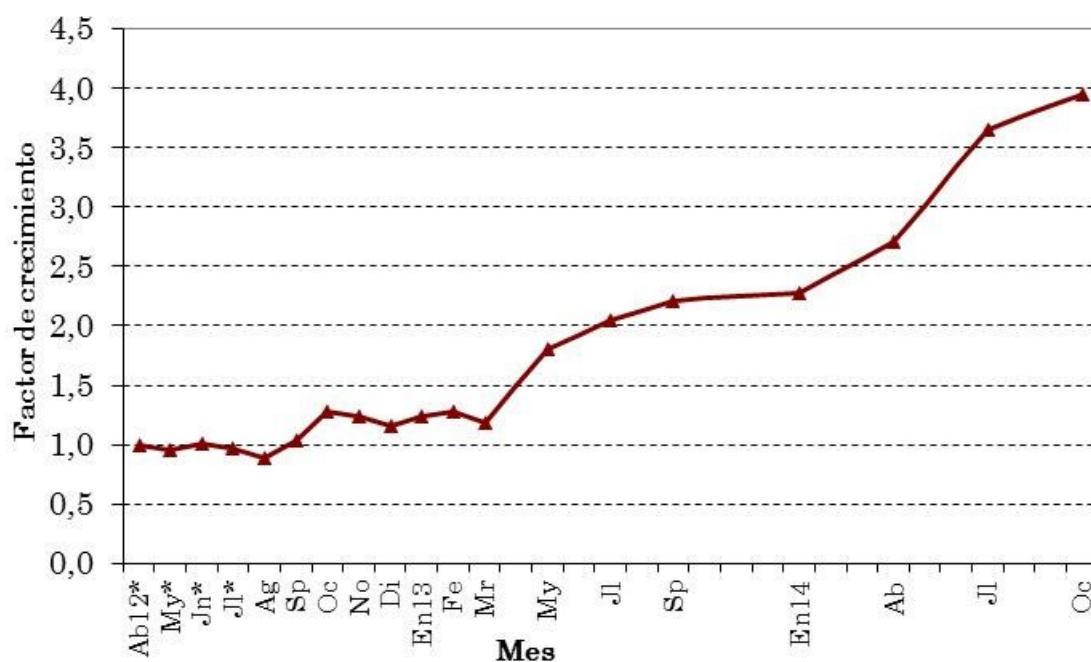


Figura 11. Evolución del factor de crecimiento de las UTs en el trasplante de 2012 en B4. Estimación para el área total de 6 UTs (meses con asterisco) y el área total de 8 UTs (meses sin asterisco).

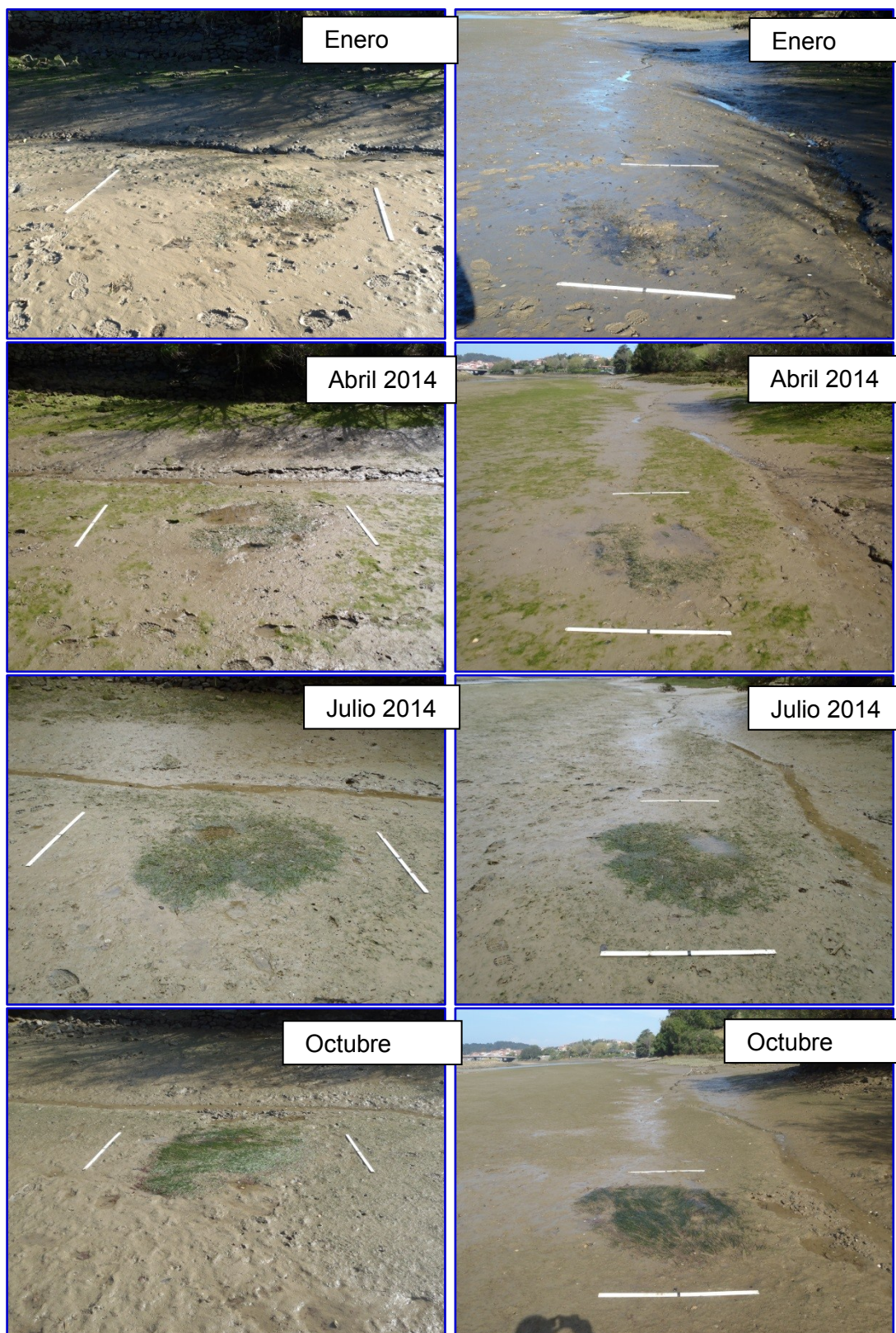


Figura 12. Evolución en 2014 de la zona B4 del Butroe (trasplante de 2012). La barra blanca mide 1 m de longitud.

4.1.3.1.2 Zona receptora B5

A partir de la realización de los trasplantes en marzo de 2012, esta zona receptora de 20 UTs fue visitada mensualmente durante el primer año y posteriormente con una menor periodicidad (cada 2-4 meses) con el mismo objetivo que en el caso de la zona B4: en cada punto se realizaron fotografías de cada una de las UTs para poder estimar el crecimiento horizontal y calcular el factor de crecimiento, y se calculó la densidad de haces de 11 UTs del mismo modo que en B4.

En la Figura 13 se representa la evolución de las densidades de haces calculadas para las 11 UTs. Tras fluctuar sus densidades durante el primer año de manera más o menos similar, a partir de marzo de 2013 se aprecian tres grupos de UT: las que muestran elevadas densidades (5, 8 y 18), las que muestran bajas densidades (2, 3, 19 y 20) y tienden a la desaparición, y las que muestran valores intermedios (1, 10 y 13). En el año 2014 parece que las diferencias entre las densidades de las UTs disminuyen.

Esta zona se vio afectada por la presencia de *Ulva* sp. en abril de 2014 (Figura 14).

Teniendo en cuenta los valores promedio (Figura 15) de estas 11 UTs, tras un incremento inicial, la tendencia general indica primero una posterior disminución progresiva de la densidad, y una estabilización invernal de sus registros. A partir de la primavera de 2013, no se observa el esperado incremento estival reflejado en la población natural (OK-DA) y se intuye un ligero aumento de la densidad que también podría interpretarse como una estabilización de esta en registros cercanos a 2.000 haces m^{-2} . En mayo de 2013 no se dispone de datos debido a la elevada presencia de algas verdes en la zona que imposibilitó la medida de la densidad.

Respecto al crecimiento horizontal, tras la disminución y recuperación del área total ocupada observada en el año 2012, en el año 2013 se ha visto una acusada disminución de su superficie hasta ocupar casi la mitad de la superficie trasplantada (Figura 16): parece evidente el efecto de la presencia del alga en mayo. A pesar de ello, en septiembre se observó una recuperación que ha continuado de manera progresiva durante el año 2014.

Trasplante *Zostera* 2012 - Densidad B5 UTs

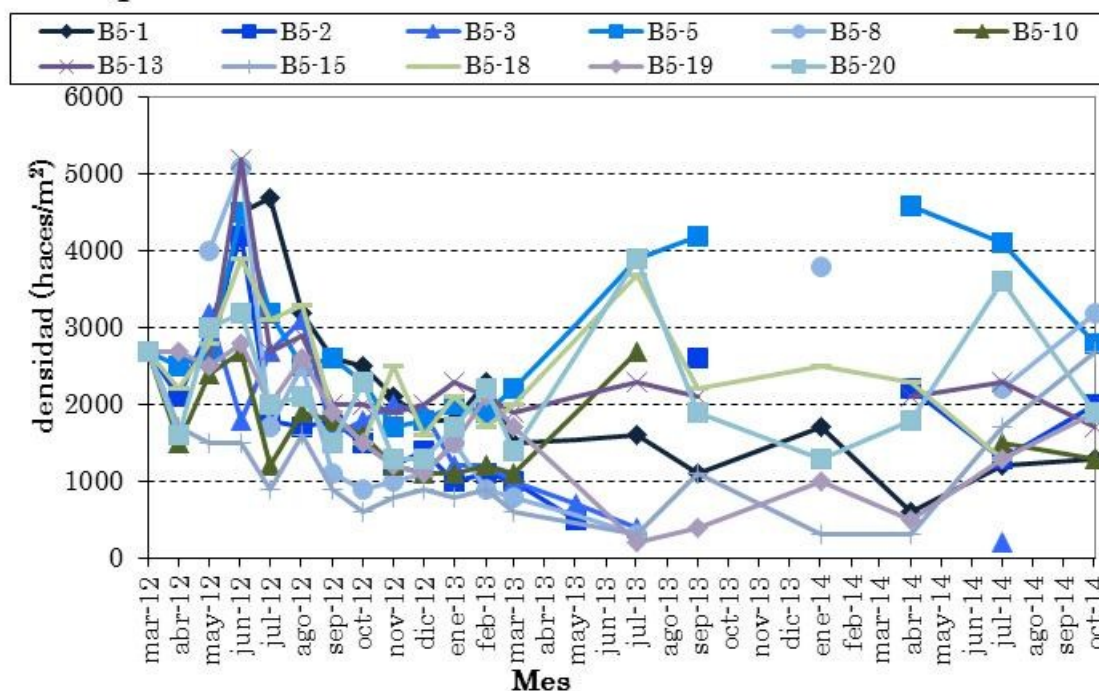


Figura 13. Evolución de la densidad de haces en cada una de las UTs del trasplante de 2012 en la zona B5 del Butroe.

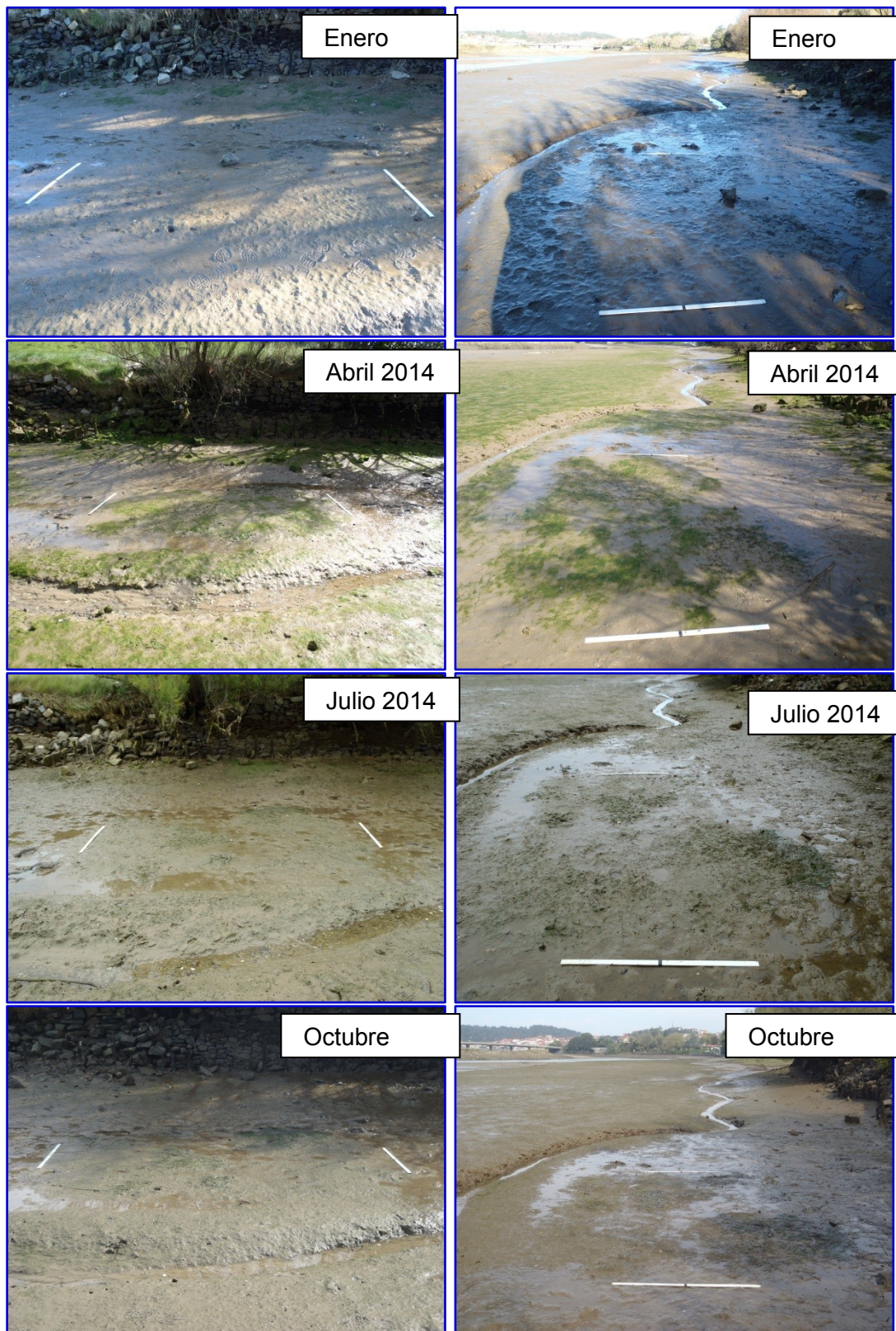


Figura 14. Evolución en 2014 de la zona B5 del Butroe (trasplante de 2012). La barra blanca mide 1 m de longitud.

Trasplante *Zostera* 2012 - Densidad B5

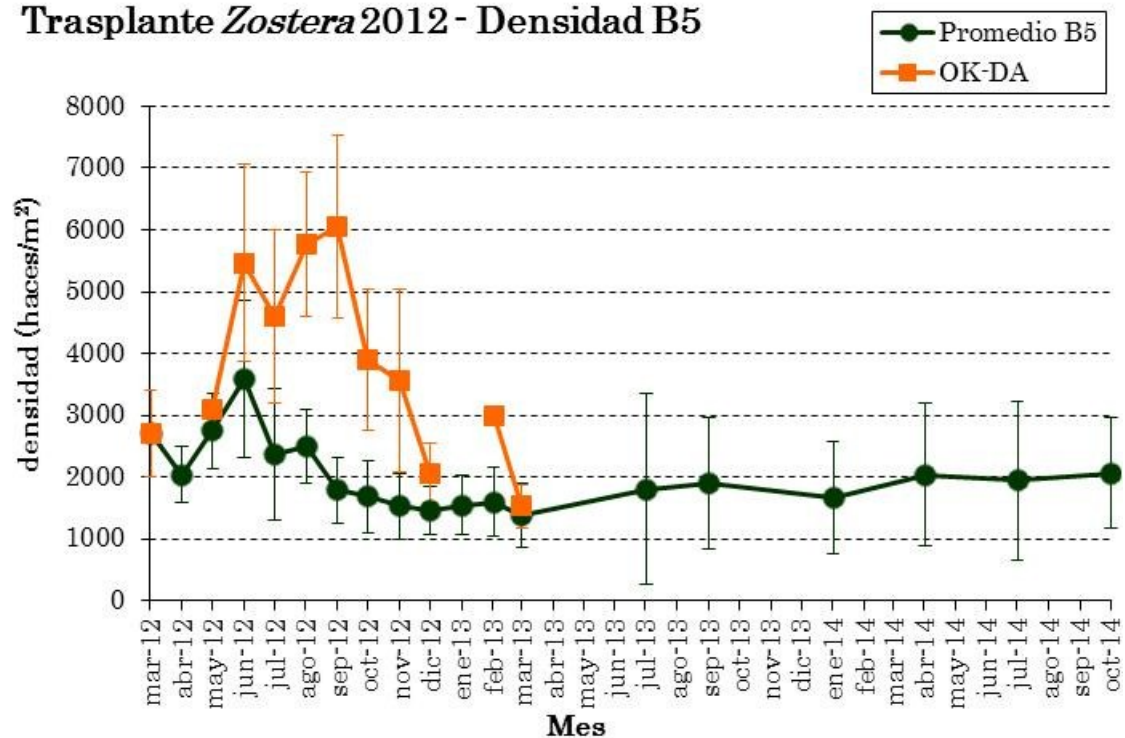


Figura 15. Evolución del promedio de la densidad de haces en 11 de las 10 UTs de la zona B5 del Butroe en el trasplante de 2012 y en la población donante del Oka (OK-DA). Las barras representan la desviación típica.

Crecimiento UTs de *Zostera noltii* en B5

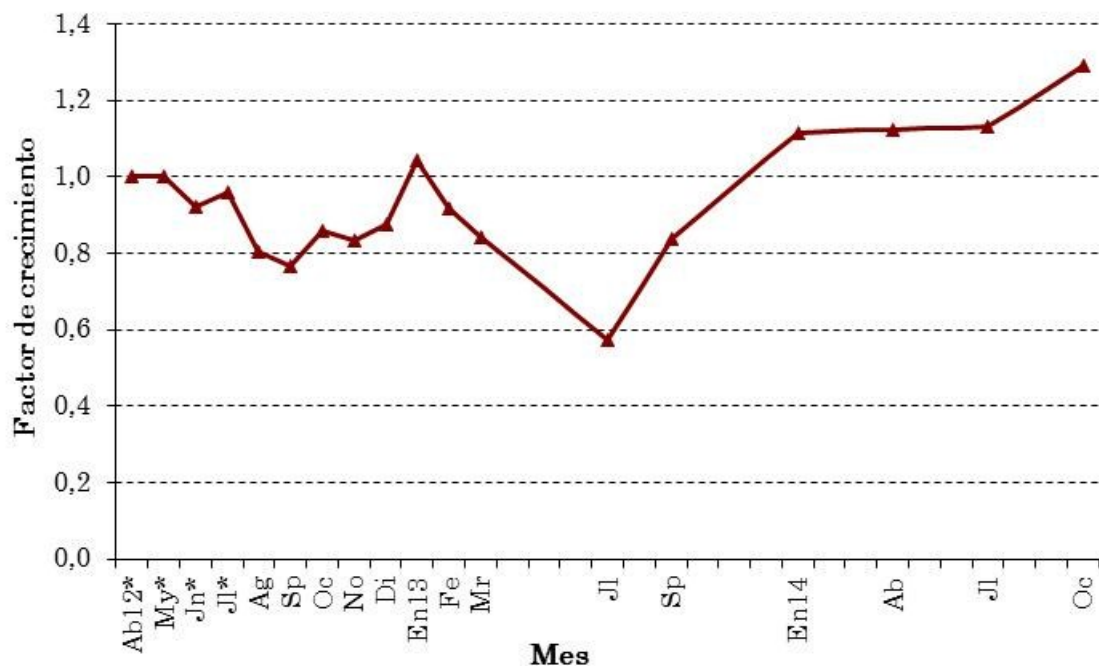


Figura 16. Evolución del factor de crecimiento de las UTs en el trasplante de 2012 en B5. Estimación para área total de 11 UTs (meses con asterisco) y área total de 20 UTs (meses sin asterisco).

4.1.3.2 Discusión

Teniendo en cuenta la experiencia con los trasplantes de 2009 y 2011, aún es pronto para obtener conclusiones definitivas. Además, esta idea se ve reforzada con las distintas tendencias observadas en los distintos trasplantes: en B3 se observa una variación estacional similar en los primeros tres años (aumento en primavera-verano y disminución en invierno) siempre con valores superiores a la superficie de partida y un descenso del área de ocupación en el cuarto año; en B4 la situación de los parches trasplantados comienza a mejorar a partir del segundo año tras un primer año donde la superficie trasplantada permanece más o menos estable; en B5, tras un primer año con ligeros altibajos, se aprecia un claro empeoramiento durante el segundo año, para recuperarse en el tercero. Este hecho confirma la necesidad de esperar el transcurso de varios ciclos anuales (Leschen *et al.*, 2010; Tanner *et al.*, 2010; Cunha *et al.*, 2012) para ofrecer a las plantas un tiempo prudencial para su adaptación a las nuevas condiciones ambientales.

Aunque, como se ha mencionado, aún es pronto y se requiere de un seguimiento más prolongado, los trasplantes intermedios (de 8 y 12 UTs) parecen mostrar unos resultados más exitosos que los pequeños (4 UTs) y los grandes (20 UTs), aunque este último año 2014 ha sido negativo para B3 (12 UTs).

Otro evento que contribuye a la dispar evolución de los parches trasplantados es la ocupación diferencial de las algas verdes que se desarrollan de manera importante en primavera. Todos los años se produce una gran producción de algas verdes que se depositan sobre el sedimento, pudiendo cubrir completa o parcialmente las unidades trasplantadas. Estas algas no se distribuyen de manera uniforme por todo el fondo, ni lo hacen con el mismo grosor. Por ello, algunas áreas quedan cubiertas con gruesas capas y otras quedan libres o bajo delgadas capas de algas. Como resultado de este evento, algunas UTs se ven afectadas y otras no. En función de la magnitud del daño producido, la UT podrá lograr recuperarse o no.

Además, a pesar de que su aparición anual es recurrente y conocida, esta presión es muy variable y sus consecuencias pueden ser diferentes, es decir, en los distintos años suele variar tanto la cantidad como el espacio de ocupación. Por ello, la afección de esta presión es, hasta el momento, impredecible.

De esta manera, la elevada presencia de algas que pueden perjudicar a las fanerógamas marinas privándoles de oxígeno y luz, es un dato a tener en cuenta a la hora de evaluar el desarrollo y evolución de las praderas marinas. Esta presión se considera especialmente influyente en las etapas iniciales de colonización de nuevas zonas, cuando los parches son de pequeño tamaño y su capacidad de recuperación es limitada. No obstante, el efecto de esta elevada producción de algas verdes puede perfectamente ser contrarrestado teniendo en cuenta lo observado en el estuario del Oka. En este estuario, donde se encuentra la mayor extensión de pradera marina del País Vasco, también es recurrente esta elevada presencia de algas verdes en primavera y, sin embargo, esta pradera se ha mantenido durante muchos años. Quizás, el hecho de ocupar una extensa superficie le confiere una capacidad de recuperación (resiliencia) mayor de lo que puede presentar una pradera o mancha de menor tamaño. Por tanto, si bien es cierto que las praderas marinas pueden coexistir con elevadas producciones puntuales de algas verdes, es un evento que resulta especialmente preocupante en las primeras fases del establecimiento y desarrollo de una nueva población (sea de manera natural o sea mediante una actuación de trasplante).

En definitiva, debe proseguirse con el seguimiento de todos estos trasplantes durante los años venideros, especialmente en primavera y verano, que es cuando, por un lado, soportan la presión aparentemente más importante (la aparición de las algas) y, por otro lado, presentan su mejor desarrollo (tras el periodo de crecimiento).

4.2 PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Como consecuencia de los trabajos realizados en relación a *Zostera noltii* en el País Vasco se han elaborado y efectuado las siguientes comunicaciones y documentos:

➤ Comunicaciones a congresos o reuniones temáticas (4)

A.-Orales (3):

- 1.- "Vulnerability of estuarine species and communities under climate change". Chust, G., Valle, M., del Campo, A., Garmendia, J.M., Franco, J. & Á. Borja. **"ECSA 54 - Coastal systems under change: tuning assessment and management tools"** organizado por la Universidad de Lisboa, Sesimbra (Portugal), 12-16 mayo, 2014.
- 2.- "Effect of shellfishing on intertidal *Zostera noltii* meadows within the Oka estuary (Basque Country, N of Spain)". Garmendia, J.M., Valle, M., Borja, Á., Chust, G. & J. Franco. **"ISOBAY 14 – XIV International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay"**, organizado por la Universidad de Burdeos, Burdeos (Francia), 11-13 junio, 2014.
- 3.- "Praderas marinas: restauración mediante trasplantes en el País Vasco". Garmendia, J.M., Valle, M., Borja, Á., Chust, G. & J. Franco. Jornada sobre **"Reintroducción y reforzamiento de poblaciones animales y vegetales como herramientas de conservación"**, organizada por HAZI (Desarrollo Rural, Litoral y Alimentario), Zizurkil (Gipuzkoa), 27 noviembre, 2014.

B.-Posters (1):

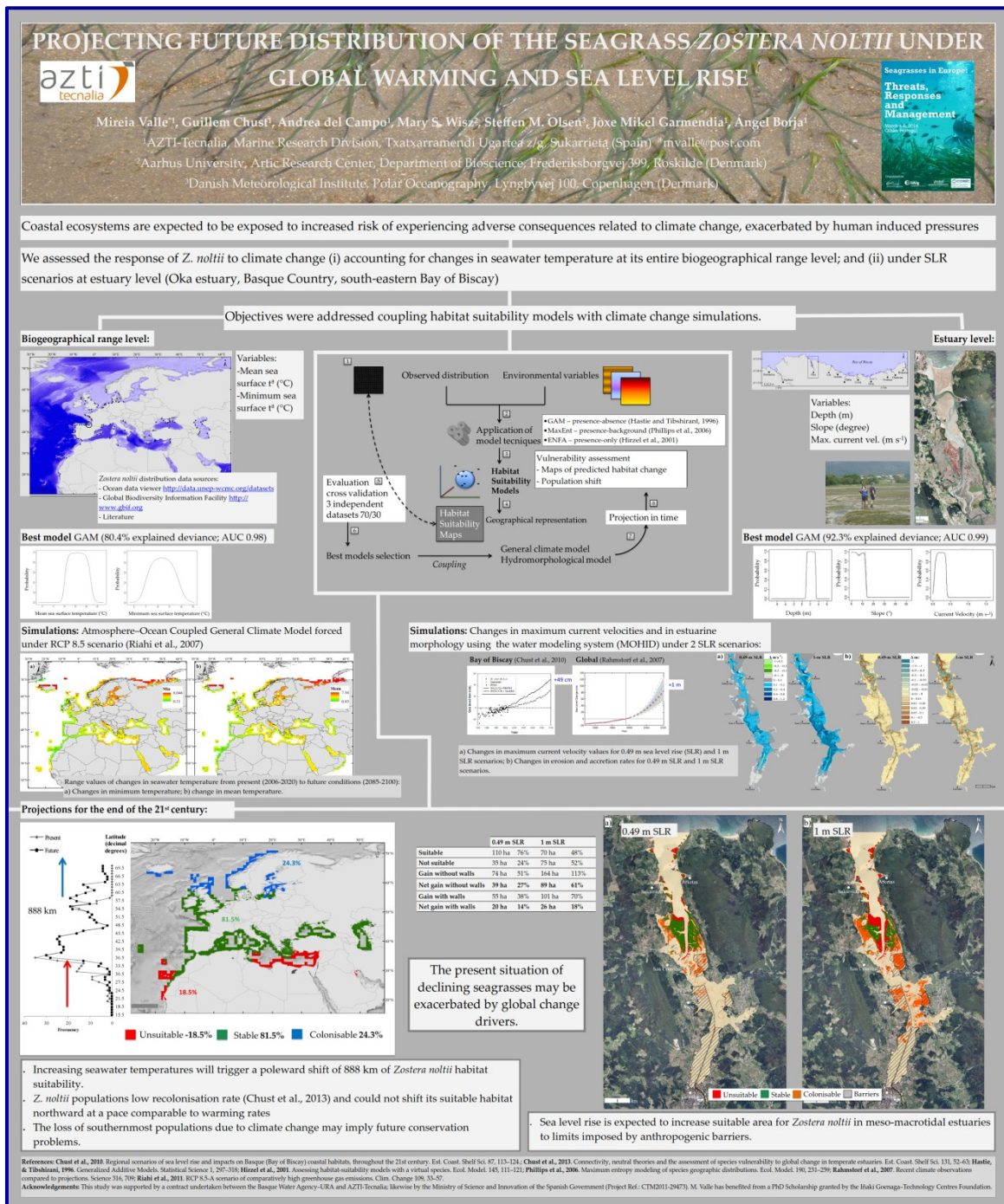
- 1.- "Projecting future distribution of the seagrass *Zostera noltii* under global warming sea level rise". Valle, M., Chust, G., del Campo, A., Wisz, M.S., Olsen, S.M., Garmendia, J.M. & Á. Borja. **"Seagrasses in Europe: Threats, Responses and Management"** organizado dentro de la Acción COST COST ES0906 (2011-2013) "Seagrass productivity: from genes to ecosystem management", Olhao (Portugal), 4-6 marzo, 2014.

➤ Publicaciones (5)

- 1.- Valle, M., G. Chust, A. del Campo, M.S. Wisz, S.M. Olsen, J.M. Garmendia & Á. Borja. 2014. Projecting future distribution of *Zostera noltii* under climate change scenarios at its biogeographical range and at local levels. *Biological Conservation*, 170: 74-85.
- 2.- Garmendia, J.M., Chust, G., Valle, M., Borja, Á. & Franco, J. (En prensa). Atlas de las praderas marinas de España. VV.AA., 460 pp., Cap. XI. País Vasco. Libro elaborado y editado por IEL-IEO-UICN en el marco de la colaboración de la Fundación Biodiversidad.
- 3.- Valle, M., Garmendia, J.M., Chust, G., Franco, J. & Á. Borja (Enviado). Increasing the chance of a successful restoration of *Zostera noltii* meadows. *Aquatic Botany*.
- 4.- Valle, M., Palá, V., Dehouck, A., Lafon, V., Garmendia, J.M., Borja, Á. & Chust, G. (En preparación). Mapping estuarine habitats using hyperspectral Compact Airborne Spectrographic Imagery. ECSS.
- 5.- Garmendia, J.M., Valle, M., Borja, Á., Chust, G., Rodríguez, J.G. & Franco, J. (En preparación). Effect of shellfishing on *Zostera noltii* seagrasses in the Oka estuary (Basque Country, N of Spain). ECSS.

➤ Tesis doctorales (1)

- 1.- Valle, M., 2014. Seagrass meadows under a changing climate: habitat modelling, restoration and monitoring. Tesis Doctoral defendida el 17 de octubre de 2014 en la



Vulnerability of estuarine species and communities under climate change



GUILLEM CHUST, MIREIA VALLE,
ANDREA DEL CAMPO, JOXE M. GARMENDIA,
JAVIER FRANCO, ÁNGEL BORJA

AZTI – Tecnia, Marine Research Division, Spain

Effect of shellfishing on intertidal *Zostera noltii* meadows within the Oka estuary (Basque Country, N of Spain)

J.M. GARMENDIA, M. VALLE, Á. BORJA, G. CHUST, J. FRANCO
jgarmendia@azti.es AZTI-TECNALIA

Reintroducción y reforzamiento de poblaciones animales y vegetales
como herramientas de conservación.
27 noviembre 2014, Zizurkil (Gipuzkoa)



Praderas marinas: restauración mediante trasplantes en el País Vasco

J.M. GARMENDIA, M. VALLE, G. CHUST, Á. BORJA, J. FRANCO

jgarmendia@azti.es

AZTI, Investigación Marina



Contents lists available at ScienceDirect

Biological Conservation

journal homepage: www.elsevier.com/locate/biocon



Projecting future distribution of the seagrass *Zostera noltii* under global warming and sea level rise



Mireia Valle^{a,*}, Guillem Chust^a, Andrea del Campo^b, Mary S. Wisz^c, Steffen M. Olsen^d,
Joxe Mikel Gamendia^b, Àngel Borja^b

^a AZTI-Tecnalia, Marine Research Division, Txautarramendi ugarte 2/g, 48395 Sukarrieta, Spain

^b AZTI-Tecnalia, Marine Research Division, Herrera Kaia Portualdea 2/g, 20110 Pasaiá, Spain

^c Aarhus University, Arctic Research Center, Department of Bioscience, Frederiksborgvej 399, 4000 Roskilde, Denmark

^d Danish Meteorological Institute, Polar Oceanography, Lyngbyvej 100, 2100 Copenhagen, Denmark

ARTICLE INFO

Article history:

Received 6 September 2013

Received in revised form 3 December 2013

Accepted 11 December 2013

Keywords:

Climate model

Global warming

Habitat suitability models

Hydromorphological model

Projections

Sea level rise

Seawater surface temperature

ABSTRACT

In future decades, coastal ecosystems are expected to be exposed to increased risk of experiencing adverse consequences related to climate change, exacerbated by human induced pressures. The seagrass *Zostera noltii* forms meadows mainly within the intertidal zone, leading it to be particularly vulnerable to seawater temperature increase and sea level rise (SLR). Considering the presently declining situation and the predicted scenarios of increasing seawater temperature and SLR by the end of the 21st century, we assessed the response of *Z. noltii* to climate change (i) accounting for changes in seawater temperature at its entire biogeographical range level; and (ii) under SLR scenarios at estuary level (Oka estuary, Basque Country, south-eastern Bay of Biscay). Objectives were addressed coupling habitat suitability models with climate change simulations. By the end of the 21st century, seawater temperature increase will trigger a northward distributional shift of 888 km in the suitable habitat of the species, and a retreat of southernmost populations. The loss of southernmost populations due to climate change may imply future conservation problems. In contrast, SLR and derived changes in current velocities are expected to induce the landward migration of the species in the Oka estuary, increasing the available suitable intertidal areas (14–18%) to limits imposed by anthropogenic barriers. This modelling approach could lead to an advanced understanding of the species' response to climate change effects; moreover, the information generated might support conservation actions towards the sites where the habitat would remain suitable for the species under climate change.

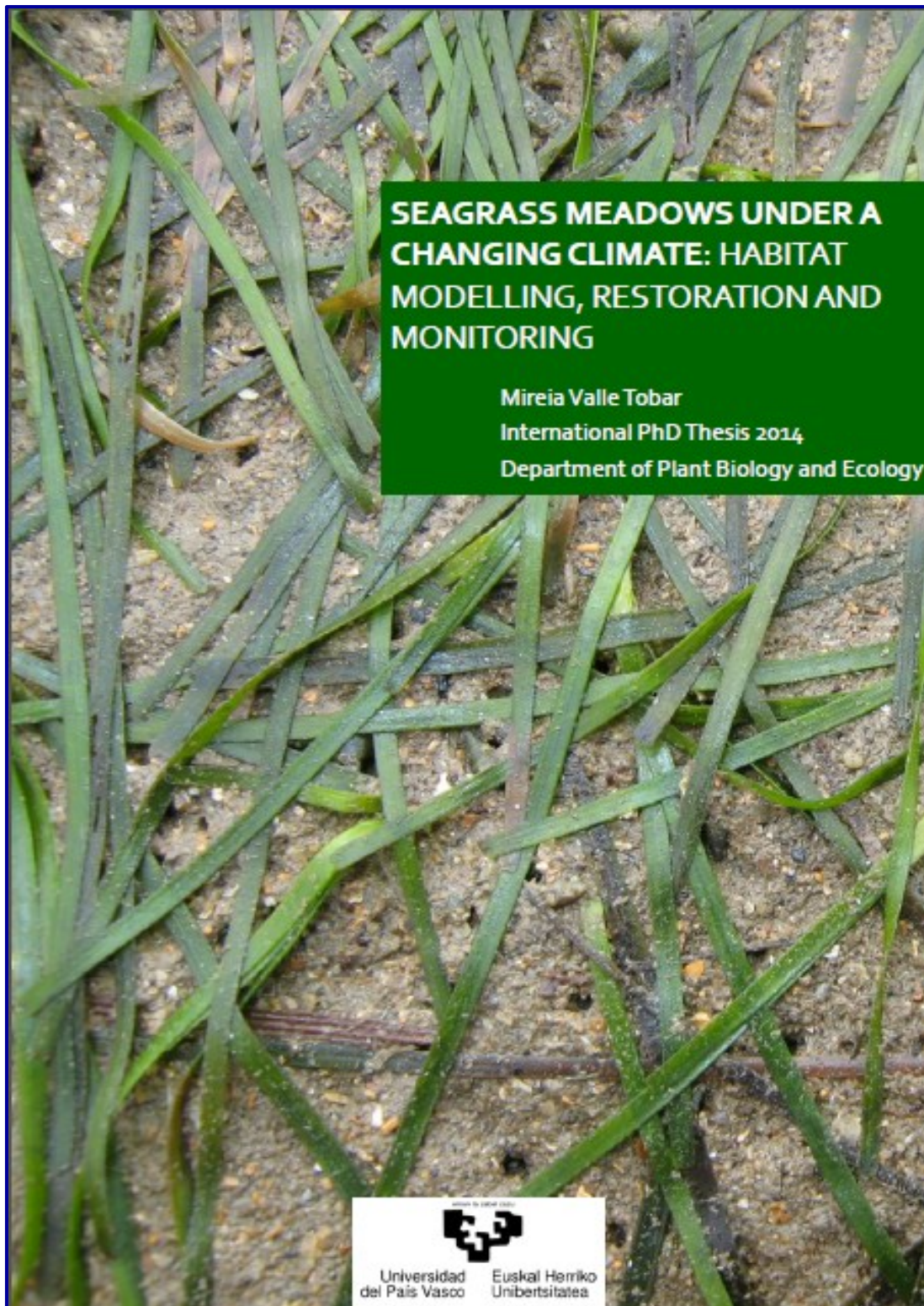
© 2013 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Recent climate change has impacted marine environments with documented effects on the phenology of organisms, the range and distribution of species, and the composition and dynamics of communities (Philippart et al., 2011; Richardson et al., 2012). In future decades, coastal ecosystems are expected to be exposed to increased risk of experiencing adverse consequences related to climate change, exacerbated by increasing human induced pressures (Nicholls et al., 2007). Thus, understanding the response of coastal ecosystems to climate change has become an urgent challenge (Brierley and Kingsford, 2009; Hoegh-Guldberg and Bruno, 2010). Seagrasses are marine flowering plants that form one of the richest and most important coastal habitats (Short et al., 2011). They play key roles in ecosystem functioning (Duarte, 2002) supporting a range of keystone and ecologically important marine species from

all trophic levels (Orth et al., 2006), which lead them to provide numerous important ecological services to the marine environment (Duarte et al., 2008). Their value is recognised by the Convention on Biological Diversity (1992) and the seagrass meadow area is considered a priority habitat under the European Commission Habitats Directive (92/43/EEC). Moreover, according to the European Water Framework Directive (2000/60/EC), these angiosperms have been listed as one of the five biological quality elements to be included in the ecological quality assessment in marine waters (Marbà et al., 2013). Favoured by this legislation framework, seagrass habitats are nowadays specifically targeted for conservation and restoration (Green and Short, 2003). However, over the last two decades, up to 18% of the documented seagrass area has been lost (Green and Short, 2003), with rates of decline accelerating in recent years (Waycott et al., 2009). This present situation of declining seagrasses may be exacerbated by additional global change drivers (Short and Neckles, 1999), including global warming (Jordà et al., 2012) and sea level rise (SLR) (Saunders et al., 2013). Moreover, considering the key role of seagrasses in the ecosystem

* Corresponding author. Tel.: +34 654890109; fax: +34 946 572555.
E-mail address: mvalle@post.com (M. Valle).



5 CONCLUSIONES

En el transcurso de las actividades llevadas a cabo a lo largo de este año 2014 se ha ido obteniendo las siguientes conclusiones:

1. De las 4 UTs trasplantadas en **2009** en los sedimentos fangosos del Butroe, tras 67 meses **únicamente sobrevive una UT**, con buen aspecto de hojas y buena densidad. Si bien la UT superviviente presenta una superficie 10,75 veces mayor a la inicial, el **área actual** de la superficie total trasplantada (4 UTs = 4.816 cm²) es de 12.940 cm², es decir, **2,7 mayor** que su tamaño inicial: ofrece un futuro esperanzador. Debe continuarse con su seguimiento.
2. Tras 42 meses, el trasplante de **2011** del Butroe presenta una **superficie total** inferior a la inicial (**x0,8**). Tras tres años con una situación estable, este último año ha mostrado un claro empeoramiento tanto en su superficie de ocupación como en la densidad de las hojas. Se encuentra en un estado crítico y debe continuarse con su seguimiento.
3. Tras 31 meses, el trasplante B4 (8 UTs) de **2012** presenta una **superficie total** claramente superior a la inicial (**x4**). Presenta un aspecto saludable. Debe continuarse con su seguimiento.
4. Tras 31 meses, el trasplante B5 (20 UTs) de **2012** presenta una **superficie total** ligeramente superior a la inicial (**x1,3**). Tras un inicio con dificultades, parece que comienza a recuperarse y desarrollarse de manera adecuada. Debe continuarse con su seguimiento.
5. En todos los trasplantes (4) se observa un hecho similar: **todas las UTs** trasplantadas en una misma zona **no se comportan de la misma manera** y se desarrollan de manera desigual. Algunas UTs no se desarrollan adecuadamente y desaparecen, mientras que otras sobreviven y se desarrollan de tal manera que compensan las pérdidas. No está claro el motivo de este comportamiento: podría deberse a que algunas UTs se encuentren más débiles por lo que se ven afectadas por el estrés sometido y no son capaces de adaptarse a las nuevas condiciones del medio; o podría deberse a la heterogeneidad espacial de la zona, presentando diferencias en las condiciones del medio (especialmente del sustrato) en muy pocos centímetros; o también podría deberse a la presión ejercida por el alga *Ulva* sp. que no cubre toda la superficie por igual, afectando a algunas UTs y a otras no. En todo caso, esta situación invita a continuar con el seguimiento de los trasplantes e intentar resolver y aclarar este hecho.

6 RECOMENDACIONES

El interés por la conservación y estudio de las praderas marinas en el País Vasco sigue en aumento desde que, en 2008, se inició su estudio en detalle. Dada su reconocida importancia, al ser un elemento fundamental en el ambiente estuárico por la relevancia de las distintas funciones que desempeña y los bienes y servicios que ofrece, se considera imprescindible la continuación de los trabajos sobre el conocimiento y funcionamiento de las praderas marinas. Además, en la actualidad, la especie *Zostera noltii* está considerada dentro del grupo de *Especies, subespecies y poblaciones en peligro de extinción* en el Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y Flora Silvestre y Marina (BOPV nº 37, del 23 de febrero de 2011). A continuación se realizan distintas propuestas que se consideran de gran interés para llevarse a cabo en el año 2015 (o en un futuro próximo).

1. Continuar con el seguimiento de los trasplantes realizados en 2009, 2011 y 2012 en los sedimentos areno-fangosos del estuario del Butroe.
2. Estudiar la posibilidad de realizar nuevas actuaciones de trasplante en zonas aptas para ello: aprovechar los nuevos trasplantes para evaluar el efecto de los distintos periodos de inmersión y su adaptabilidad en un contexto de un probable futuro ascenso del nivel de mar.
3. Aplicar el modelo de idoneidad de hábitat (*Habitat Suitability*) en distintos estuarios vascos para la búsqueda de nuevas zonas potenciales receptoras de trasplante.
4. Proteger las poblaciones actuales de *Zostera noltii* en el País Vasco y tomar las medidas pertinentes para su conservación.
5. Informar, concienciar y educar a los usuarios de los estuarios donde se encuentran las praderas marinas, explicando los beneficios que aportan y el importante papel que juegan en el ecosistema estuárico. Sería muy positivo el establecimiento de unas pautas de comportamiento sobre el uso y disfrute de las zonas con praderas marinas.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Chust, G., Á. Borja, A. Caballero, X. Irigoien, J. Sáenz, R. Moncho, M. Marcos, P. Liria, J. Hidalgo, M. Valle y V. Valencia, 2011. Climate change impacts on coastal and pelagic environments in the southeastern Bay of Biscay. *Climate Research*, 48: 307–332.
- Cunha, A.H., N. Marbà, M. Van Katwijk, C. Pickerell, M. Henriques, G. Bernard, A. Ferreira, S. García, S., J.M. Garmendia y P. Manent, 2012. Changing Paradigms in Seagrass Restoration. *Restoration Ecology*, 20(4): 427-430.
- Diekmann, O.E., L. Gouveia, J.A. Perez, C. Gil-Rodríguez y E.A. Serrão, 2010. The possible origin of *Zostera noltii* in the Canary Islands and guidelines for restoration. *Marine Biology*, 157: 2109–2115.
- Duarte, C.M., 2002. The future of seagrass meadows. *Environment Conservation*, 29: 192–206.
- Duarte, C.M., J. Borum, F.T. Short y D.I. Walker, 2008. 18 Seagrass ecosystems: their global status and prospects. In: *Aquatic Ecosystems*, N.V.C Polunin (Ed.), Cambridge University Press: 281-294.
- Garmendia, J.M., Á. Borja y J. Franco, 2008. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua. 94 pp.
- Garmendia, J.M., Á. Borja y J. Franco, 2010a. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca: actividades de 2009. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 95 pp.
- Garmendia, J.M., M. Valle, G. Chust, J. Franco y Á. Borja, 2010b. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca: actividades de 2010. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 106 pp.
- Garmendia, J.M., M. Valle, G. Chust, J. Franco y Á. Borja, 2011. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca: actividades de 2011. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco, 115 pp.
- Garmendia, J.M., M. Valle, G. Chust, J. Franco y Á. Borja, 2012. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca: actividades de 2012. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia, 150 pp.
- Garmendia, J.M., M. Valle, G. Chust, J. Franco y Á. Borja, 2013. Trabajos de restauración de *Zostera noltii* en la costa vasca: actividades de 2013. Informe elaborado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua – Uraren Euskal Agentzia, 194 pp.
- Green, E.P. y F.T. Short, 2003. World atlas of seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.
- Hughes, R.G., Williams, S.L., Duarte, C.M., Heck, K.L., Waycott, M., 2009. Associations of concern: declining seagrasses and threatened dependent species. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 7: 242–246.
- Jordà, G., N. Marbà y C.M. Duarte, 2012. Mediterranean seagrass vulnerable to regional climate warming. *Nature Climate Change*, 2 : 812–824.

- Leschen, A.S., K.H. Ford y N.T. Evans, 2010. Successful eelgrass (*Zostera marina*) restoration in a formerly eutrophic estuary (Boston Harbor) supports the use of a multifaceted watershed approach to mitigating eelgrass loss. *Estuaries and Coasts*, 33: 1340-1354.
- Massa, S.I., S. Arnaud-Haond, G.A. Pearson y E.A. Serrão, 2009. Temperature tolerance and survival of intertidal populations of the seagrass *Zostera noltii* (Hornemann) in Southern Europe (Ria Formosa, Portugal). *Hydrobiologia*, 619: 195–201.
- Moore, K.A. y F.T. Short, 2006. *Zostera*: biology, ecology and management. In: Larkum, T., Orth, R., Duarte, C. (Eds.), *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer, The Netherlands, pp. 361–386.
- Orth, R.J., T.J.B. Carruthers, W.C. Dennison, C.M. Duarte, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, A.R. Hughes, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, S. Olyarnik, F.T. Short, M. Waycott y S.L. Williams, 2006. A global crisis for seagrass ecosystems. *BioScience*, 56: 987–996.
- Saunders, M.I., J. Leon, S.R. Phinn, D.P. Callaghan, K.R. O'Brien, C.M. Roelfsema, C.E. Lovelock, M.B. Lyons y P.J. Mumby, 2013. Coastal retreat and improved water quality mitigate losses of seagrass from sea level rise. *Global Change Biology*, 19: 2569–2583.
- Short, F.T. y H.A. Neckles, 1999. The effects of global climate change on seagrasses. *Aquatic Botany*, 63: 169–196.
- Short, F.T., T.J.R. Carruthers, M. Waycott, G.A. Kendrick, J.W. Fourqurean, A. Callabine, W.J. Kenworthy y W.C. Dennison, 2010. *Zostera noltii*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.1. <[http:// www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)> (accedido 21.08.13).
- Short, F.T., B. Polidoro, S.R. Livingstone, K.E. Carpenter, S. Bandeira, J.S. Bujang, H.P. Calumpong, T.J.B. Carruthers, R.G. Coles, W.C. Dennison, P.L.A. Erftemeijer, M.D. Fortes, A.S. Freeman, T.G. Jagtap, A.H.M. Kamal, G.A. Kendrick, W. Judson Kenworthy, Y.A. La Nafie, I.M. Nasution, R.J. Orth, A. Prathep, J.C. Sanciangco, B. v. Tussenbroek, S.G. Vergara, M. Waycott y J.C. Zieman, 2011. Extinction risk assessment of the world's seagrass species. *Biological Conservation*, 144: 1961-1971.
- Tanner, C., S. Hunter, J. Reel, T. Parham, M. Naylor, L. Karrh, K. Busch, R.R. Golden, M. Lewandowski, N. Rybicki y E. Schenk, 2010. Evaluating a large-scale eelgrass restoration project in the Chesapeake Bay. *Restoration Ecology*, 18(4): 538-548.
- Valle, M., G. Chust, A. del Campo, M.S. Wisz, S.M. Olsen, J.M. Garmendia y Á. Borja, 2014. Projecting future distribution of *Zostera noltii* under climate change scenarios at its biogeographical range and at local levels. *Biological Conservation*, 170: 74-85.
- Waycott, M., C.M. Duarte, T.J.B. Carruthers, R.J. Orth, W.C. Dennison, S. Olyarnik, A. Calladine, J.W. Fourqurean, K.L. Heck, R.G. Hughes, G.A. Kendrick, W.J. Kenworthy, F.T. Short y S.L. Williams, 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 106: 12377–12381.