



**Facultad de Ciencias. Campvs da Zapateira
A Coruña
(2013-2015)**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER OFICIAL EN BIOLOGÍA MARINA

Análisis de la variación temporal de las características físico-químicas y biológicas en el estuario de Oyambre (Cantabria).

Presentada por:
Elena Madero Moreno

Dirigida por:
Araceli Puente Trueba

Instituto de Hidráulica Ambiental.

Santander, Febrero de 2015.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
2. OBJETIVOS	5
3. ZONA DE ESTUDIO	6
3.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN	6
4. METODOLOGÍA	7
4.1. DATOS DE PARTIDA	7
4.1.1. Estaciones de muestreo	7
4.1.2. Periodo de estudio	7
4.2. MÉTODOS DE MUESTREO Y VARIABLES ANALIZADAS	8
4.2.1. Agua	8
4.2.2. Sedimento	8
4.2.3. Macroinvertebrados bentónicos	9
4.2.4. Vegetación de marisma	9
4.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	9
5. RESULTADOS	10
5.1. AGUA	10
5.1.1. Temperatura y salinidad	10
5.1.2. Turbidez	12
5.1.3. Oxígeno disuelto	12
5.2. SEDIMENTO	13
5.2.1. Composición granulométrica	13
5.2.2. Materia orgánica	14
5.3. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS	16
5.3.1. Parámetros descriptivos	16
5.3.1.1. Riqueza y Diversidad	16
5.3.1.2. Abundancia	17
5.3.2. Análisis multivariante	19
5.4. VEGETACIÓN DE MARISMA	20
5.4.1. Inventario de especies	20
5.4.2. Cobertura vegetal	21
6. DISCUSIÓN	25
7. CONCLUSIONES	27
8. BIBLIOGRAFÍA	28

1. INTRODUCCIÓN

Los estuarios son ecotonos que sufren la acción de diferentes dinámicas espacio-temporales dotándolos de diferentes y particulares características. Se consideran ecosistemas con una alta productividad y con gran relevancia para el mantenimiento de la biodiversidad.

Son poseedores de una gran variedad de hábitats donde pasan parte de su vida innumerables especies de peces e invertebrados que dependen de sus aguas para reproducirse, además de servir de refugio a muchas aves acuáticas. Por otro lado, la vegetación asociada actúa como amortiguador entre la tierra y el océano, absorbiendo las inundaciones y disipando la energía del oleaje y la marea (Hammersmark et al., 2005, Mitsch & Gosselink 2000).

No obstante, vienen sufriendo la acción del hombre a través de la ocupación del dominio marítimo terrestre con el fin de obtener mayor superficie disponible para diferentes actividades humanas, o la ejecución de actuaciones que modifican la hidrodinámica natural reduciendo con ello una parte importante de su área inundable.

Un problema aún mayor que, sin ser estrictamente nuevo, resulta difícil de gestionar es el de la invasión por especies vegetales exóticas (Coblentz, 1990; Heywood & Iriondo, 2003). Estas, favorecidas por su carácter pionero y oportunista, facilidad de propagación de semillas, carencia de depredadores naturales y alto grado de antropización del medio, son capaces de competir ventajosamente y desplazar a las especies autóctonas llegando a transformar radicalmente la fisonomía, estructura y composición florística de las formaciones vegetales naturales (Meaza et al., 1997).

Estos hechos han motivado la necesidad de conservar y mantener la dinámica natural de su funcionamiento, no solo por su alto valor biológico y paisajístico, sino también por su importancia socioeconómica para el desarrollo de diferentes actividades económicas, turísticas, etc.

Ante esta situación y en orden a la política proteccionista y conservadora de las costas y áreas estuarinas y marismales que está efectuando el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, se planteó la necesidad de llevar a cabo una actuación en el sistema estuarino de Oyambre, poniéndose en marcha en 2010 el “Proyecto de Recuperación y Restauración ambiental de las marismas de Zapedo y Capitán del Parque Natural de Oyambre (Cantabria)”

Este estuario se encontraba bajo la influencia de presiones significativas, mostradas en la Figura 1, entre las que destacan las alteraciones hidrodinámicas generadas por presencia de barreras físicas, afectando de manera apreciable al flujo mareal en 77.4 Ha.

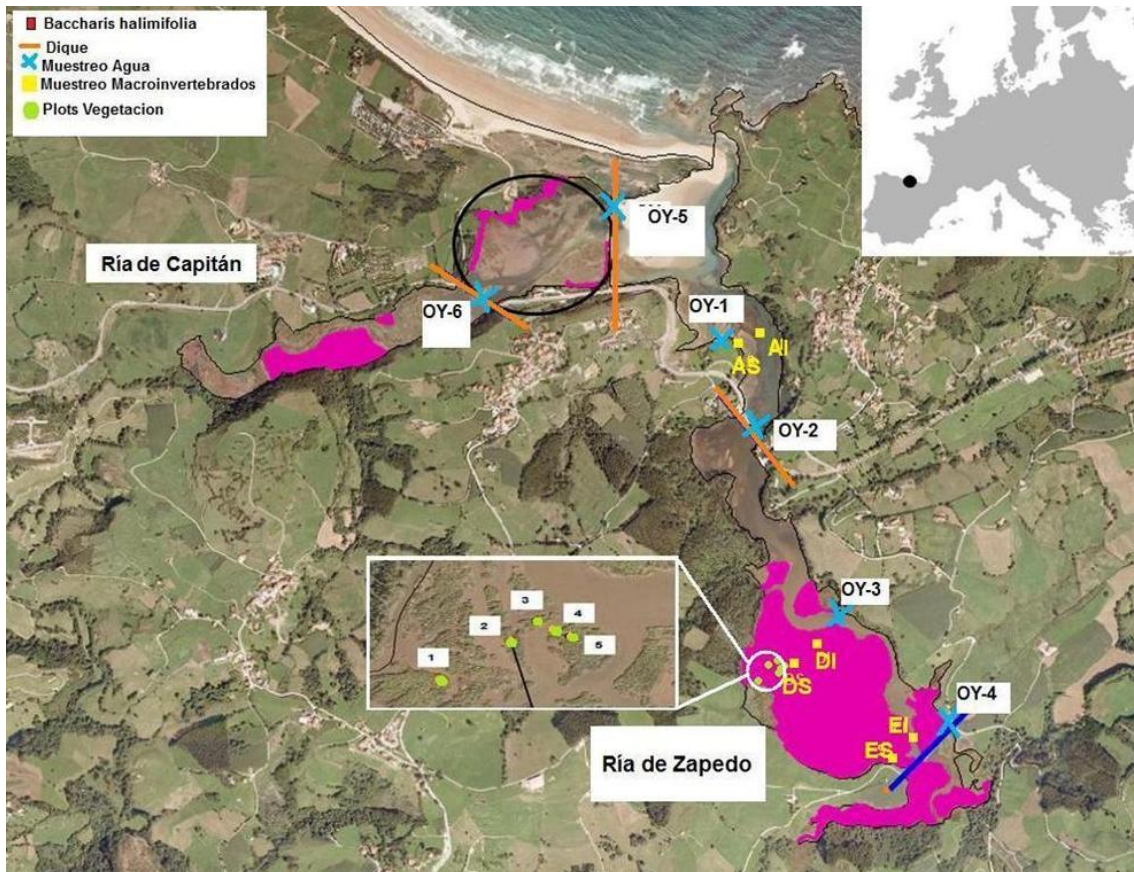


Figura 1. Situación del estuario de Oyambre y localización de las estaciones de muestreo.

La presencia de tres diques cerraba la entrada de agua hacia ambas rías. Dos de ellos se localizaban en la ría del Capitán, mientras que un tercero se situaba en la ría de Zapedo. Además, destacaba la presencia en un 35% de su superficie, de la especie invasora de tipo arbustivo *Baccharis halimifolia* (Chilca).

B. halimifolia es un arbusto caducifolio, dioico, de hasta 4 m de altura, muy ramificado, con floración de agosto a octubre. Se reproduce tanto por vía sexual como vegetativamente por medio de brotes de raíz, lo que le confiere un crecimiento muy rápido (Sanz-Elorza et al., 2004). Con una temperatura óptima de germinación entre 15 y 20 °C, crecimiento bajo condiciones de luz y sombra, crece naturalmente en las riberas de humedales de aguas dulces y salobres, dunas, campos abiertos y zonas desérticas de Massachusetts, Florida, Arkansas y Texas (USA). Al desarrollar un matorral monoespecífico alto y denso, provoca la exclusión de especies heliófilas propias de la marisma, lo que origina una drástica modificación en la estructura, fisonomía y diversidad de la comunidad invadida (Campos et al., 2009). Introducida en 1863 como planta ornamental en Francia, y en 1941 en la Península Ibérica, fue citada por primera vez en Cantabria hacia el año 1953. Por ello está considerada como una de las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España (GEIB 2006).

El objetivo del citado proyecto perseguía la recuperación y restauración de la zona marismal, de las rías de El Capitán y La Rabia (ría de Zapedo en adelante), con el objeto de devolver a la marisma, en el mayor grado posible, sus condiciones hidrodinámicas originales. Con el fin de alcanzar estos objetivos se realizaron actuaciones en el sistema estuarino, encaminadas a la eliminación de las estructuras que alteraban la dinámica mareal y los equilibrios de sedimentación-erosión del mismo. Entre dichas actuaciones destacan 1) Eliminación de dos diques localizados tanto en la ría de Zapedo como en la zona interior de la ría del Capitán. 2) Eliminación mediante talado en la totalidad del estuario de la especie invasora *Baccharis halimifolia*.

Con base en ello, dichas actuaciones llevaban asociado un plan de vigilancia encaminado al análisis de la evolución del estuario que permitiera determinar el grado de recuperación del mismo. Dicho plan de vigilancia constituye el objeto de este trabajo.

2. OBJETIVOS

Conforme a lo expuesto con anterioridad, éste trabajo persigue como objetivo general, analizar la evolución temporal de las características físico-químicas y biológicas del estuario de Oyambre, en concreto de aquellas áreas cuya dinámica se ha modificado como resultado de la aplicación de medidas específicas.

Para lograr este objetivo general se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Identificar las variaciones de salinidad en las aguas de la ría de Zapedo debido al restablecimiento de la entrada de agua.
- Analizar los posibles cambios en la composición granulométrica del sedimento a lo largo de los años, en la zona exterior, media e interior de la ría de Zapedo.
- Identificar las especies de macroinvertebrados bentónicos más abundantes, así como su distribución espacial y evolución temporal tras la ejecución del proyecto de restauración del estuario.
- Analizar la evolución temporal de la vegetación de marisma una vez restablecida la dinámica mareal del estuario junto con la erradicación de *Baccharis halimifolia*.

3. ZONA DE ESTUDIO

3.1. LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN

El estuario de Oyambre se localiza al Oeste de la Comunidad de Cantabria, dentro del Parque Natural de Oyambre, entre los municipios de San Vicente de la Barquera, Valdáliga y Comillas. Está incluido en el LIC (Lugar de Importancia Comunitaria) "Rías Occidentales y Dunas de Oyambre".

Ocupa una superficie de 100 ha aproximadamente con un perímetro de 13,6Km, además de poseer una amplia zona intermareal que representa el 86% de su extensión total. Se caracteriza por estar dividido en dos brazos denominados Ría de la Rabia, más conocida como Ría de Zapedo, y la Ría del Capitán. La ría de Zapedo es la más oriental presentando una orientación oeste-este, mientras que la ría del Capitán posee orientación norte-sur. Al igual que el resto de estuarios de Cantabria, Oyambre se corresponde con la clasificación de valle fluvial encajado, mesomareal, de tendencia al tipo verticalmente homogéneo y ciclo mareal semidiurno (Martínez et al., 2003). Cuenta con aporte de agua dulce procedente de la escorrentía superficial de las zonas próximas y de pequeños ríos y arroyos, destacando entre ellos el río Turbio.

En el área interior de la ría de Zapedo, la marea tiene una notable influencia, sobre todo una vez eliminado el dique que lo separaba de la zona más exterior, de amplios paramos intermareales donde se desarrolla vegetación típica de marisma (Figura 1). Tras el derribo del dique de contención se procedió a construir un nuevo puente, con una longitud de 100metros y una distancia entre sus pilas que asegura el paso de la marea sin restricciones. Fue también en la Ría de Zapedo donde se eliminó, mediante talado, la especie invasora *B. halimifolia*, que había terminado por desplazar el carrizal en la mayor parte del estuario.

En cuanto a la ría del Capitán, es en el sector más interno donde se restableció la comunicación de las masas de agua por eliminación de barreras físicas aunque continúa siendo limitada por la presencia del dique más exterior. En cuanto a la zona más externa, la única que no tiene limitado el flujo mareal, se corresponde con el arenal del puntal de Oyambre en el que apenas existe vegetación.

4. METODOLOGÍA

4.1. DATOS DE PARTIDA

4.1.1. Estaciones de muestreo

Se trabajó con información correspondiente a estaciones de muestreo puntuales distribuidas a lo largo del estuario (Figura 1). Del conjunto de estaciones establecidas, se diferencian un total de seis estaciones de muestreo de agua repartidas en ambos brazos del estuario. Asimismo, existen seis estaciones de muestreo, tanto para sedimento como para macroinvertebrados bentónicos, localizadas en tres zonas, desde el exterior al interior de la ría de Zapedo sin olvidar la zona intermedia de la misma. Dichas estaciones a su vez se dividen en nivel inferior y superior del intermareal. Finalmente para inventariar la vegetación de marisma, las estaciones de muestreo se han localizado en la zona más interna de la ría de Zapedo, en un total de 5 parcelas o plots.

La localización geográfica de dichas estaciones se indica en la siguiente tabla:

ESTACIONES		OY-1	OY-2	OY-3	OY-4	OY-5	OY-6
AGUA	UTM X	393066 E	393352 E	393565 E	393963 E	392883 E	392382 E
	UTM Y	4804628 N	4804099 N	4803574 N	4802965 N	4804790 N	4804579 N
ESTACIONES		AI	AS	DI	DS	EI	ES
SEDIMENTO Y MACROINVERTEBRADO S BENTONICOS	UTM X	393408 E	393378 E	393497 E	393471 E	393862 E	393836 E
	UTM Y	4804365 N	4804376 N	4803415 N	4803380 N	4803142 N	4803145 N
ESTACIONES		PLOT 1	PLOT 2	PLOT 3	PLOT 4	PLOT 5	
VEGETACION	UTM X	393313E	393365E	393385E	393395E	393407E	
	UTM Y	4803126N	4803171N	4803195N	4803185N	4803178N	

Tabla 1. Localización geográfica de estaciones de muestreo.

4.1.2. Periodo de estudio

El estudio se llevo a cabo durante los años comprendidos entre 2010 y 2014, donde las campañas de muestreo se clasificaron en función de las estaciones del año.

Las muestras de sedimento y macroinvertebrados bentónicos pertenecieron a las mismas estaciones de muestreo, de las que actualmente solo se dispone de la campaña de verano para el año 2013. En cuanto al análisis de vegetación de marisma, se redujo el esfuerzo de muestreo con una única campaña al año.

Tanto las campañas realizadas como las variables analizadas se muestran en las siguientes tablas:

		AGUA	SEDIMENTO	MACROINVERTEBRADOS	VEGETACION
2010	Primavera	X	X	X	
	Verano	X	X	X	
	Otoño	X	X	X	
	invierno	X	X	X	
2011	Primavera	X	X	X	
	Verano	X	X	X	X
	Otoño	X	X	X	
	invierno	X	X	X	
2012	Primavera	X	X	X	
	Verano	X	X	X	
	Otoño	X			X
	invierno	X	X	X	
2013	Primavera	X			
	Verano	X	X	X	
	Otoño	X			X
	invierno	X			
2014	Primavera	X			
	Verano	X			
	Otoño	X			X
	invierno	X			

Tabla 2. Campañas realizadas para cada clase de estudio

4.2. MÉTODOS DE MUESTREO Y VARIABLES ANALIZADAS

La siguiente tabla recoge las variables que se analizaron para cada tipo de estudio del total de muestras recogidas en el estuario.

Estudio	Variable	Unidades de medida
AGUA	Salinidad Temperatura Oxígeno disuelto Turbidez	g/Kg °C % saturación FTU
SEDIMENTO	Materia orgánica Composición granulométrica	% Escala de Wentworth
MACROINVERTEBRADOS	Riqueza Diversidad Abundancia específica	Nº especies (nits.ind) Nº individuos/m ²
VEGETACION	Inventario de especies Cobertura	Presencia/ausencia %

Tabla 3. Variables analizadas y Unidades de medida.

4.2.1. Agua

El acceso a las estaciones de muestreo se realizó a pie donde se midieron de forma directa las variables temperatura, salinidad y oxígeno disuelto, mediante sondas multiparamétricas portátiles.

4.2.2. Sedimento

Para cada estación de muestreo establecida se extrajo una muestra de sedimento de manera directa, cuyo análisis consistió en la determinación de la composición granulométrica (según escala Wentworth, mediante gravimetría de partículas) y de materia orgánica (% mediante gravimetría de volatilización).

4.2.3. Macroinvertebrados bentónicos

En las mismas estaciones de muestreo de sedimento se recogió una superficie de 1250 cm² de sedimento (muestra compuesta de dos unidades separadas de 25 x 25 cm² y 10 cm de profundidad), cribadas in situ empleando tamices de malla de 1 mm. Los organismos retenidos se fijaron en formol y se conservaron en alcohol para su posterior triado, cuantificación y determinación taxonómica en laboratorio. En cada muestra se estimó la abundancia de cada taxón, llegando a nivel de especie siempre que fue posible.

4.2.4. Vegetación de marisma

A partir de la localización de cuadrículas fijas de 5x5m en zonas donde estaba presente *Baccharis halimifolia* anteriormente, se registró presencia y cobertura de las especies vegetales que crecieron en el entorno de los tocones de *B. halimifolia* cortados y no rebrotados. Finalmente se obtuvo un inventario de especies vegetales y su cobertura en cada una de las parcelas establecidas (Figura 1).

4.3. TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Con la totalidad de datos obtenidos en las diferentes campañas, para cada año de trabajo se construyó una matriz, sobre la cual se aplicaron los análisis necesarios.

El análisis y representación gráfica de los resultados de las variables físico-químico de agua y sedimento se ejecutaron en Microsoft Excel. En cuanto a los datos de macroinvertebrados bentónicos se calcularon, sobre la matriz de especies creada, a partir de datos de abundancia para cada especie registrada en cada estación de muestreo en cada año de trabajo, índices univariantes, utilizados habitualmente para describir la estructura de las comunidades, como la riqueza y diversidad (índice de Shannon-Wiener).

También se efectuaron técnicas multivariantes mediante análisis de ordenación sobre la matriz de abundancia de macroinvertebrados bentónicos, transformada en raíz cuadrada y aplicando el índice de similaridad de Bray-Curtis (Bray y Curtis 1957), con el objeto de visualizar las posibles diferencias o analogías entre diferentes factores como son: Estaciones de muestro, años, campañas y nivel, para el conjunto de datos. El análisis estadístico multivariante se aplicó debido a la fiabilidad y robustez en los resultados de comunidades marinas bentónicas (Clarke and Warwick, 2001).

Todos los análisis estadísticos realizados se ejecutaron empleando el programa PRIMER-E (Clarke and Warwick, 2001).

5. RESULTADOS

5.1. AGUA

5.1.1. Temperatura y salinidad.

A continuación se muestran las representaciones gráficas obtenidas como resultado del tratamiento de datos de agua, a lo largo de los años y en las diferentes estaciones de muestreo.

En primer lugar se elaboró un diagrama T-S donde se enfrentaron valores de salinidad y temperatura, del cual se obtuvieron las siguientes conclusiones:

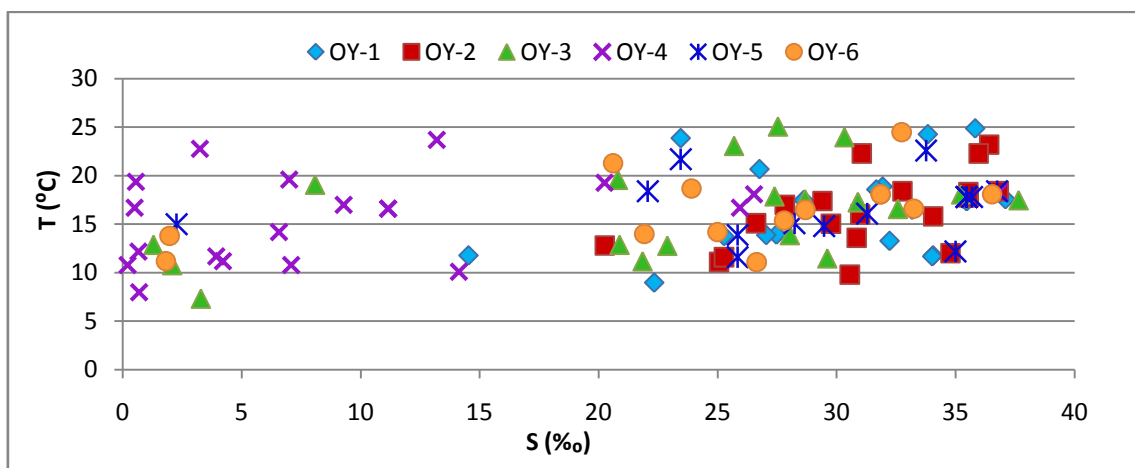


Figura 2. Diagrama T-S para cada estación de muestreo.

Los datos de temperatura de todas las estaciones de muestreo oscilan entre valores de 10-25°C. No ocurre lo mismo con la salinidad, donde su rango oscila entre 0 y >30‰.

La distribución de los datos de salinidad de todas las estaciones se reparten en dos agrupaciones, diferenciando la mayor parte de los datos de OY-4 del resto. Los datos de esta estación se corresponden con bajos de salinidad, por lo tanto OY-4 presenta un carácter más mesohalino en comparación con el resto de estaciones cuyos valores oscilan entre 20-35‰. Esto podría explicarse por su localización geográfica en la ría de Zapedo (Figura 1), la cual es muy interior, además de por la influencia que ejerce el río Turbio.

A continuación se representan gráficos T-S para cada estación (invierno, primavera, verano y otoño) con el fin de detectar variación espacial en la salinidad, ya que la temperatura varía en función de la estación del año, no superando los 12 °C en invierno y llegando a los 25 °C en verano, es decir, posee el mismo comportamiento en todas las estaciones de muestreo.

Como conclusión acerca de los datos de salinidad a lo largo de todo un año (Figura 3), es en invierno donde el umbral de valores de salinidad es más amplio en comparación con lo observado en primavera, donde se encuentra más agrupado, con un rango de valores de 25-35‰. Por un lado, vemos que en verano, la salinidad en el estuario no experimenta fluctuaciones importantes, pues la mayoría de los valores se agrupan en torno a los 30-35‰.

Esto es debido a que, en respuesta a la escasez de aportes fluviales de agua dulce, las aguas estuarinas mantienen siempre una salinidad elevada. Aun así OY-4 continúa con valores mínimos de salinidad.

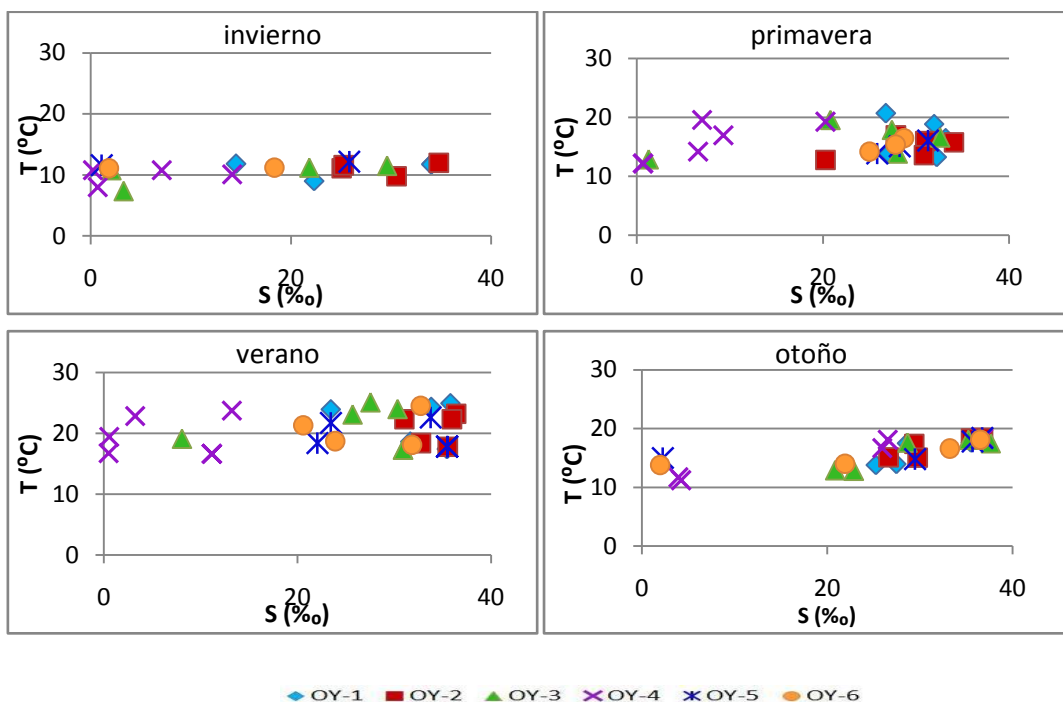


Figura 3. Diagramas T-S de cada estación de muestreo en sus respectiva campaña: Invierno, primavera, verano, otoño.

Respecto a la temperatura y salinidad media de cada campaña en cada punto de muestreo, la primera variable (T), muestra una variación espacial y temporal similar (repitiéndose un mismo patrón), donde las estaciones de muestreo poseen temperaturas anuales similares, siendo máximas en verano y mínimas en invierno.

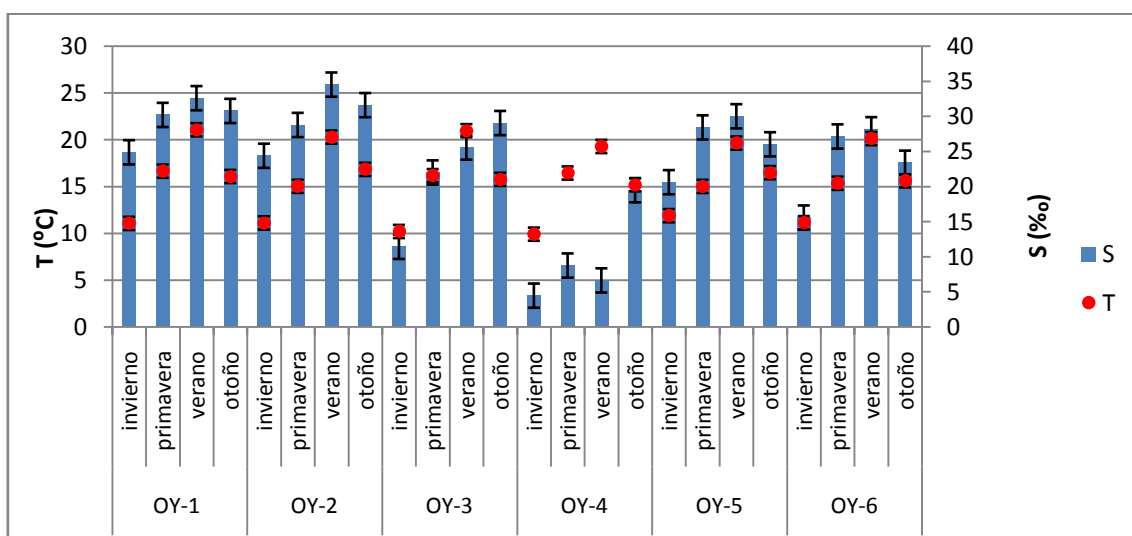


Figura 4. Variación espacial (estaciones de muestreo) y temporal (campañas) de Temperatura y Salinidad.

En cuanto a los valores medios de salinidad, también existe una variación estacional, registrándose los valores máximos en verano y otoño, excepto en la estación OY-4 (menor salinidad en verano). Dicha estación presenta un comportamiento contrario al resto, ya que no recupera valores de salinidad en los meses de primavera-verano como sí ocurre en el resto de estaciones. Por lo tanto OY-4 se considera oligo-mesohalina frente a OY-1 y OY-2 que registran los valores máximos considerándose polihalino.

5.1.2. Turbidez

En cuanto a la turbidez del agua, destacan las estaciones OY-3 y OY-4, siendo ésta última la que presenta porcentajes más altos con máximos niveles en los meses de verano del 2011 y 2012, en comparación con el resto de estaciones de muestreo, las cuales poseen menor turbidez.

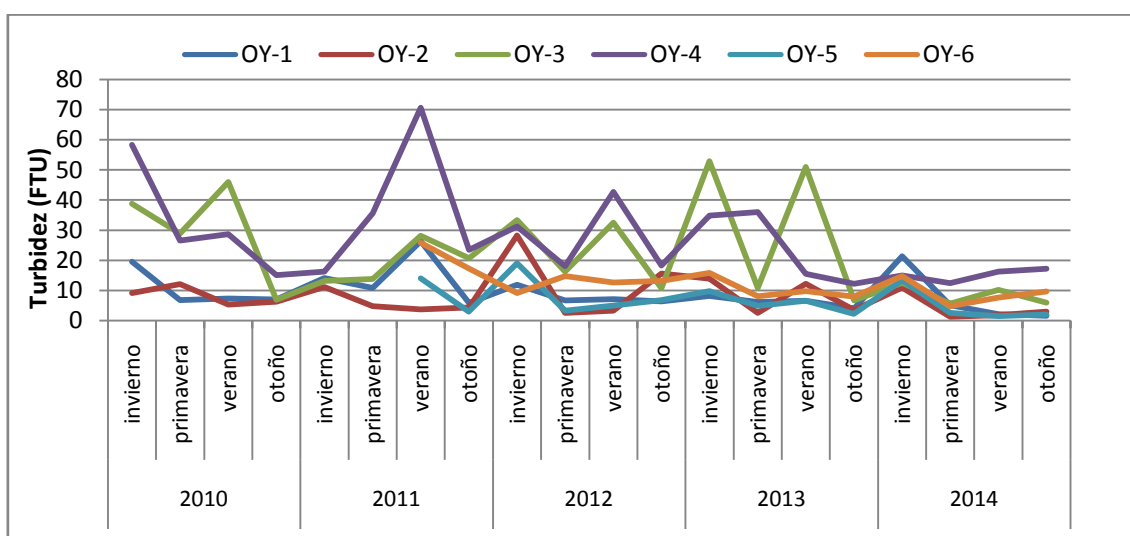


Figura 5. Evolución temporal de la turbidez en todas sus campañas entre el 2010 y 2014 para cada estación de muestreo.

Respecto los máximos valores de la variación temporal, los meses de primavera-verano registran turbidez. Cabe destacar el descenso de esta variable en primavera del 2010 en OY-4, siendo un comportamiento contrario al del resto de años. Por lo tanto, las estaciones OY-3 y OY-4 poseen mayor variabilidad temporal, tanto estacionalmente como anualmente, respecto al resto de estaciones donde no se han observado picos evidentes.

5.1.3. Oxígeno disuelto

Existe una distribución homogénea en la saturación de oxígeno en las seis estaciones de muestreo de aguas a lo largo de los años y para cada una de las campañas efectuadas, sin mostrar posibles diferencias con las estaciones pertenecientes a la ría del Capitán (OY-5 y OY-6), donde la entrada de agua no se restableció completamente.

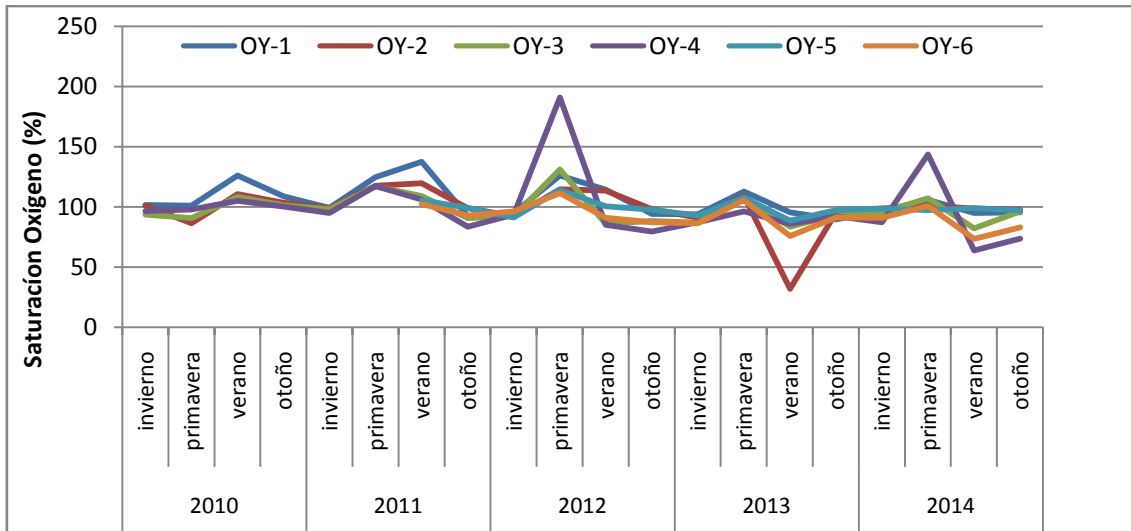


Figura 6. Evolución temporal de la saturación de oxígeno para cada estación de muestreo en todas sus campañas entre el 2010 y 2014.

Los niveles de saturación de oxígeno tienden a aumentar tras el invierno y el comienzo de la primavera, alcanzando máximos valores hacia el verano en todas las estaciones de muestreo excepto en OY-4 que se adelantan teniendo lugar en primavera, por lo tanto se afirma que existe variación estacional a lo largo del año.

En cuanto a la variación espacial, únicamente OY-2 se comporta de modo anormal en verano del 2013 registrándose valores mínimos. Aun habiendo eliminado los diques, en las estaciones de la ría de Capitán y ría de Zapedo (OY-6 y OY-2), respectivamente, es donde se registran menores niveles de saturación de oxígeno que en las estaciones más exteriores (OY-5 y OY-1).

5.2. SEDIMENTO

5.2.1. Composición granulométrica

La composición granulométrica del sedimento extraído en cada una de las estaciones de muestreo se presenta en la siguiente gráfica.

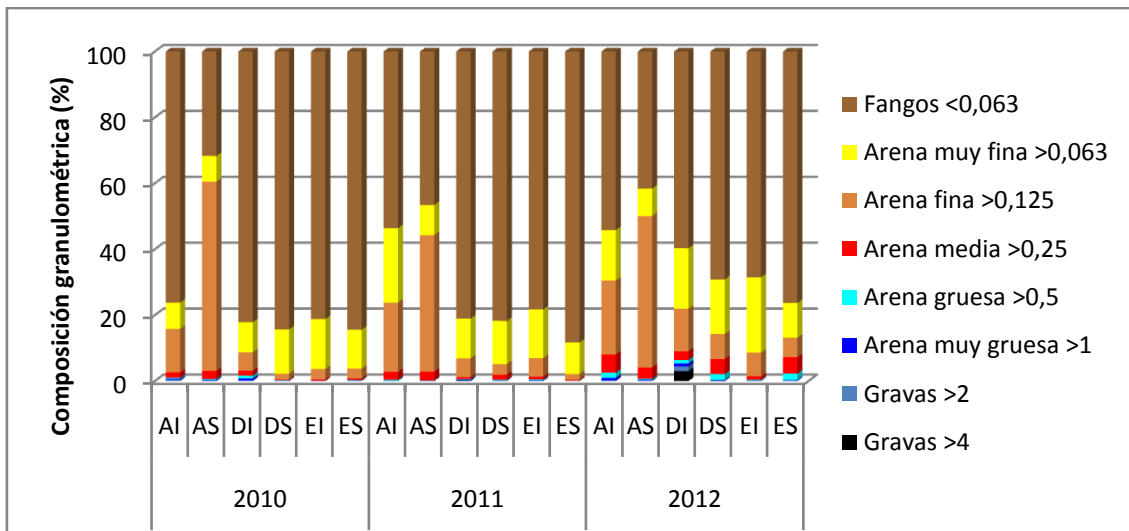


Figura 7. Composición granulométrica del sustrato de cada estación de muestreo para cada año.

Las diferentes estaciones de muestreo del estuario de Oyambre están compuestas por sedimentos fangosos mayoritariamente, además de arenas finas y muy finas.

Los sedimentos más gruesos se localizan en las estaciones más exteriores reflejando el aporte ocasionado por la dinámica marina, tanto en su nivel intermareal superior como inferior (AI; AS); mientras que en las zonas más internas son la escorrentía superficial y el aporte del río Turbio los responsables de la presencia de sedimentos de tipo fangoso y arcilloso. Por lo tanto, existe una variación espacial en la composición del sustrato que se mantiene para cada una de las campañas anuales. Se aprecia una pequeña variación temporal con la aparición de gravas y arenas de tamaño medio en 2012, consecuencia de la recuperación del flujo mareal y por lo tanto de la influencia de la dinámica marina.

5.2.2. Materia orgánica

El porcentaje de materia orgánica registrado para cada estación en el 2013 es similar a los valores observados en el 2010, oscilando en los años intermedios. No ocurre lo mismo en las estaciones intermedias (DI y DS) para las cuales únicamente se contó con datos de los años 2012 y 2013 (Figura 8 y 9).

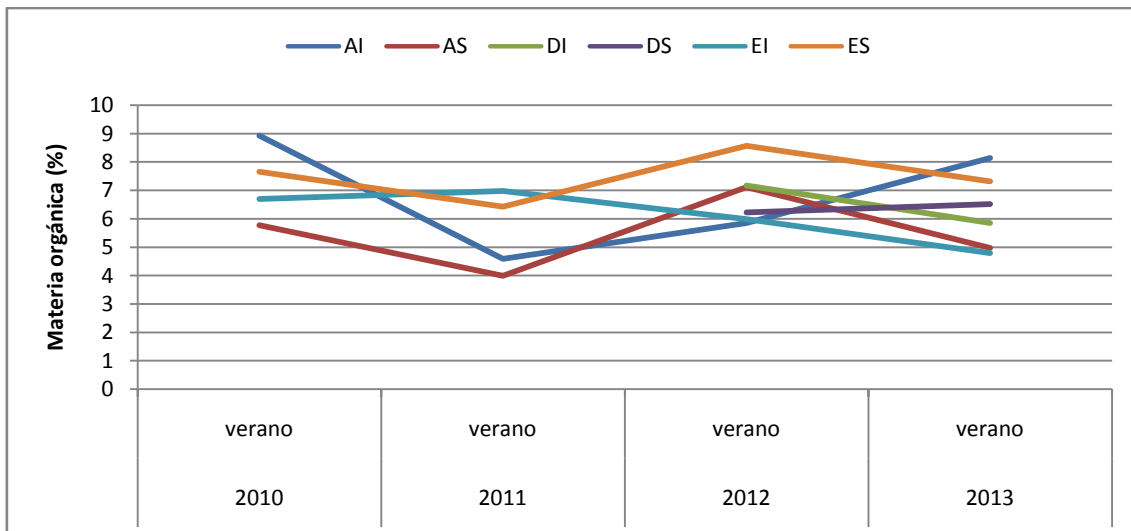


Figura 8. Evolución temporal de la materia orgánica registrada en verano para cada estación de muestreo.

Las estaciones del nivel superior tanto de la zona más externa como de la mas interna (AS y ES), muestran el mismo patrón en la variación de la materia orgánica. Se observa que en agosto del 2011 se registraron los porcentajes más bajos en todas las estaciones de muestreo y en 2012 los más altos, con excepto en EI, cuya variación fue gradual a lo largo de los años.

Por lo tanto, considerando las situación inicial (2010) frente a la final (2013) no hubo importantes diferencias, al contrario de lo sucedido en años intermedios (2011 y 2012) de mayores diferencias.

Es importante considerar la disponibilidad únicamente en 2012 y 2013 de datos para el análisis de las estaciones de la zona intermedia de la ría (DI y DS).

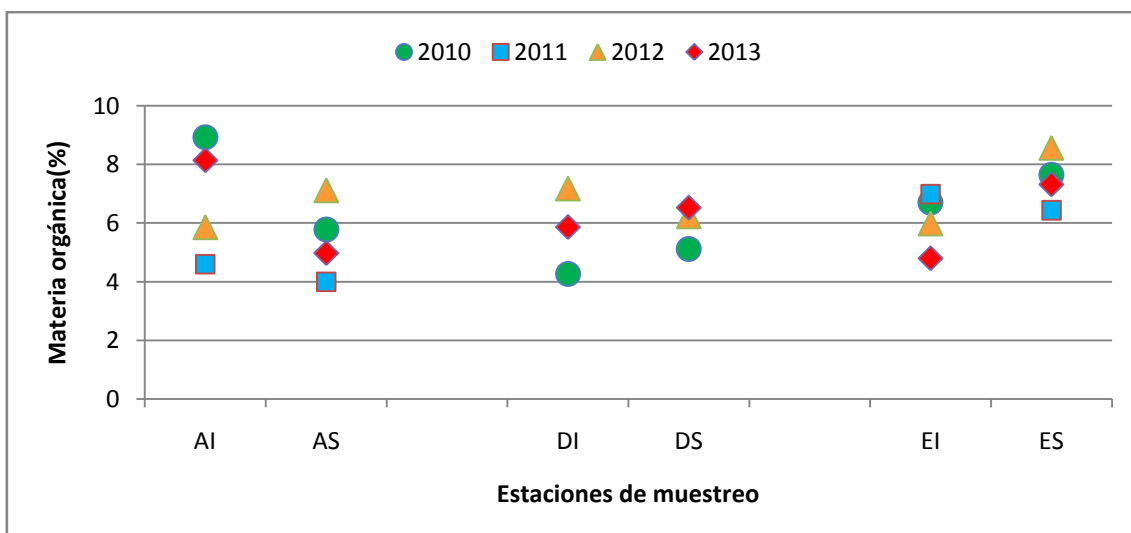


Figura 9. Distribución de materia orgánica en cada estación de muestreo para cada nivel analizado.

Todas las estaciones de muestreo presentan un patrón paralelo de variación de la materia orgánica en los años 2010 y 2013 (verde y rojo respectivamente), con valores más altos en nivel superior de las estaciones del interior y centro de la ría, al contrario de lo mostrado en las zonas más externas. Esto puede explicarse ya que en las estaciones de muestreo más exteriores y más aún en las de nivel inferior hay colonización de la fanerógama marina *Nanozostera noltii*.

5.3. MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

5.3.1. Índices univariantes

5.3.1.1. Riqueza y Diversidad

En primer lugar se presentan resultados de riqueza y diversidad de cada año para cada estación de muestreo perteneciente únicamente a la campaña efectuada en verano (Figura 10 y 11). Esta decisión se apoya en la existencia en 2013 de una única campaña de muestreo, con el fin de reducir posibles interferencias en los resultados con el resto de campañas.

Como resultado evidente cabe destacar que aquellas estaciones más exteriores como son AI y AS poseen en verano un mayor número de especies de macroinvertebrados bentónicos, respecto al resto de estaciones. Además, se evidencia una reducción en las diferencias de riqueza entre estaciones a medida que se restablece la dinámica mareal con el paso de los años, como ocurre en 2013.

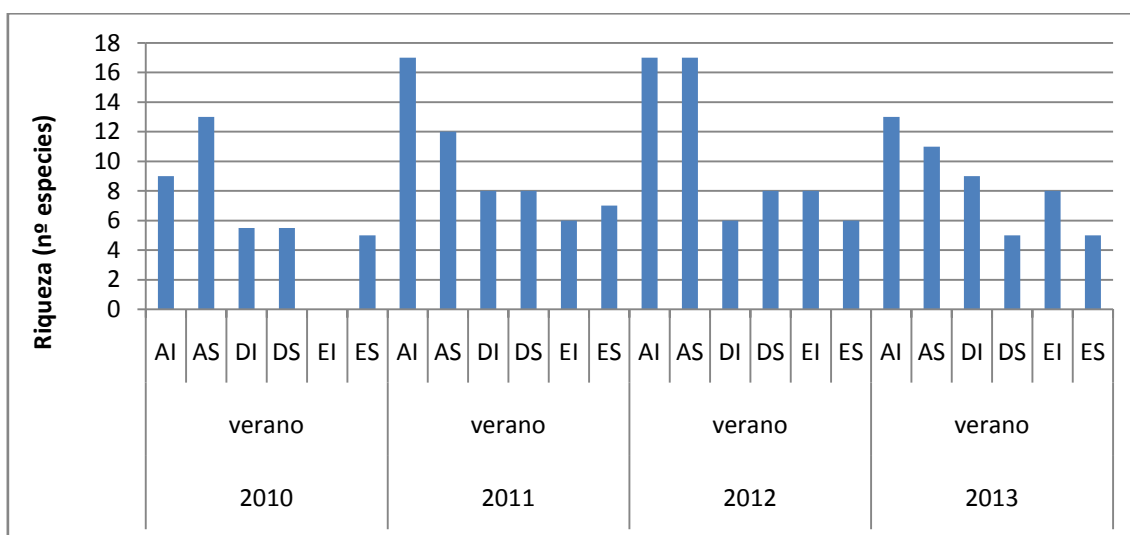


Figura 10. Valores anuales de riqueza (nº especies) para cada estación de muestreo. Campaña verano

Respecto a los valores de diversidad (Figura 11), existen menores fluctuaciones en el conjunto de estaciones a medida que avanzan los años, además cada estación incrementa su diversidad, por lo tanto, existe tanto variación espacial como evolución temporal.

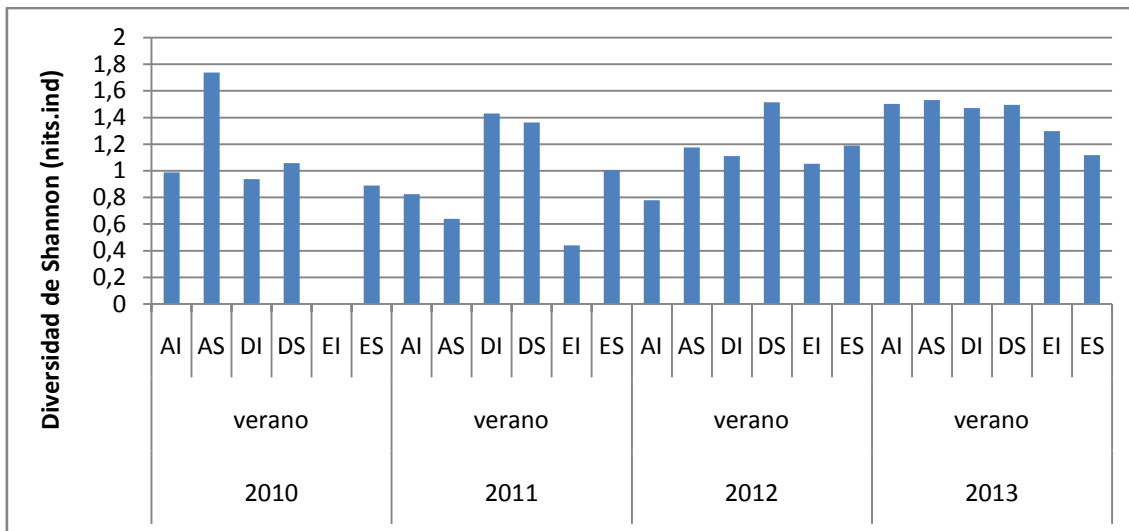


Figura 11. Valores anuales de diversidad de Shannon para cada estación de muestreo. Campaña verano.

5.3.1.2. Abundancia.

En cuanto a la abundancia media, de un total de 66 especies registradas en el estuario de Oyambre, se procedió a la selección de aquellas que poseían valores mayores. Destacan, por lo tanto ocho especies de macroinvertebrados, representadas por un elevado número de individuos en comparación con el resto de especies catalogadas en cada muestreo. La siguiente tabla muestra las abundancias medias para las 66 especies totales. Sombreadas en color aquellas especies seleccionadas.

ESPECIE	Abundancia media	ESPECIE	Abundancia media	ESPECIE	Abundancia media
<i>Abra alba</i>	760	<i>Diptera</i>	8	<i>Mytilidae</i>	16
<i>Abra tenuis</i>	5920	<i>Dolichopodidae</i>	2728	<i>Nemertea</i>	8
<i>Actinopterygii</i>	32	<i>Eurydice pulchra</i>	8	<i>Nephtys hombergii</i>	1312
<i>Alkmaria romijni</i>	1728	<i>Gammarus</i> sp.	24	<i>Nereididae</i>	8
<i>Ampharete</i> sp.	3968	<i>Gastropoda</i>	8	<i>Oligochaeta</i>	6000
<i>Annelida</i>	16	<i>Glycera tridactyla</i>	32	<i>Palaemon elegans</i>	112
<i>Aoridae</i>	8	<i>Haminoea navicula</i>	24	<i>Palaemon serratus</i>	8
<i>Bittium reticulatum</i>	16	<i>Hediste diversicolor</i>	24456	<i>Palaemon</i> sp.	16
<i>Bivalvia</i>	16	<i>Heteromastus filiformis</i>	136	<i>Paragnathia formica</i>	8
<i>Capitella capitata</i>	40	<i>Hydroschendyla submarina</i>	64	<i>Peringia ulvae</i>	43936
<i>Capitellidae</i>	3128	Indeterminado	72	<i>Phoronida</i>	32
<i>Carcinus maenas</i>	560	<i>Insecta</i>	48	<i>Pomatoschistus</i> sp.	64
<i>Carcinus</i> sp.	16	<i>Isopoda</i>	16	<i>Scrobicularia plana</i>	9872
<i>Cardiidae</i>	272	<i>Lekanesphaera hookeri</i>	8	<i>Scrobicularia</i> sp.	8
<i>Caridea</i>	56	<i>Lekanesphaera rugigauda</i>	16	<i>Semelidae</i>	16
<i>Cerastoderma edule</i>	72	<i>Leptocheirus</i> sp.	8	<i>Skeneopsis planorbis</i>	8
<i>Chironomidae</i>	3000	<i>Loripes lucinalis</i>	16	<i>Sphaeroma serratum</i>	8
<i>Cirratulidae</i>	8	<i>Melinna palmata</i>	8	<i>Spionidae</i>	576
<i>Crangon crangon</i>	8	<i>Melita palmata</i>	96	<i>Streblospio shrubsolii</i>	112
<i>Crangonidae</i>	8	<i>Melita</i> sp.	24	<i>Tubificoides benedii</i>	728
<i>Cyathura carinata</i>	11064	<i>Mysida</i>	72	<i>Upogebia stellata</i>	72
<i>Diopatra neapolitana</i>	8	<i>Mysidacea</i>	8	<i>Venerupis decussata</i>	16

Tabla 4. Abundancia media (nºindividuos/m²) de especies del estuario de Oyambre.

Se seleccionaron las especies que presentaban mayor abundancia en la totalidad del estuario (sin distinción de estación de muestreo ni año), obteniéndose finalmente un listado compuesto de las siguientes especies:

Peringia ulvae, *Hediste diversicolor*, *Cyathura carinata*, *Scrobicularia plana*, *Abra tenuis*, *Oligochaeta*, *Ampharettes spp.*, *Capitellidae*, y "Otros" (resto de especies con baja abundancia).

Para el conjunto de estas ocho especies se podreció al estudio de su distribución en función de la abundancia relativa para cada estación de muestreo a lo largo de los años (Figura 12), así como para las campañas de verano (Figura 13).

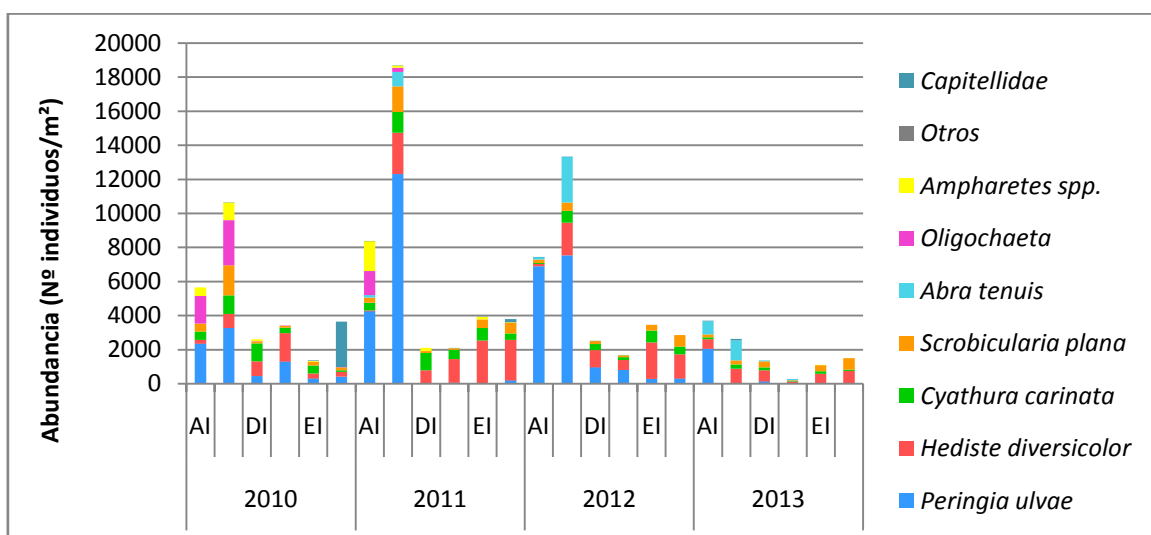


Figura 12. Abundancia de especies (nºindividuos/m²) en cada estación de muestreo para cada año.

Existe, para la abundancia relativa, variación espacial y temporal, ya que hay mas individuos en las estaciones más exteriores (AI y AS), y más aun en los primero años. Estos datos no son equitativos para cada año, ya que únicamente se dispone de datos de la campaña de verano en 2013.

A continuación se presentan valores de abundancia relativa pertenecientes a las campañas de verano de cada año, con el fin de reducir posible interferencias en los resultados debidos la biología de algunas especies.

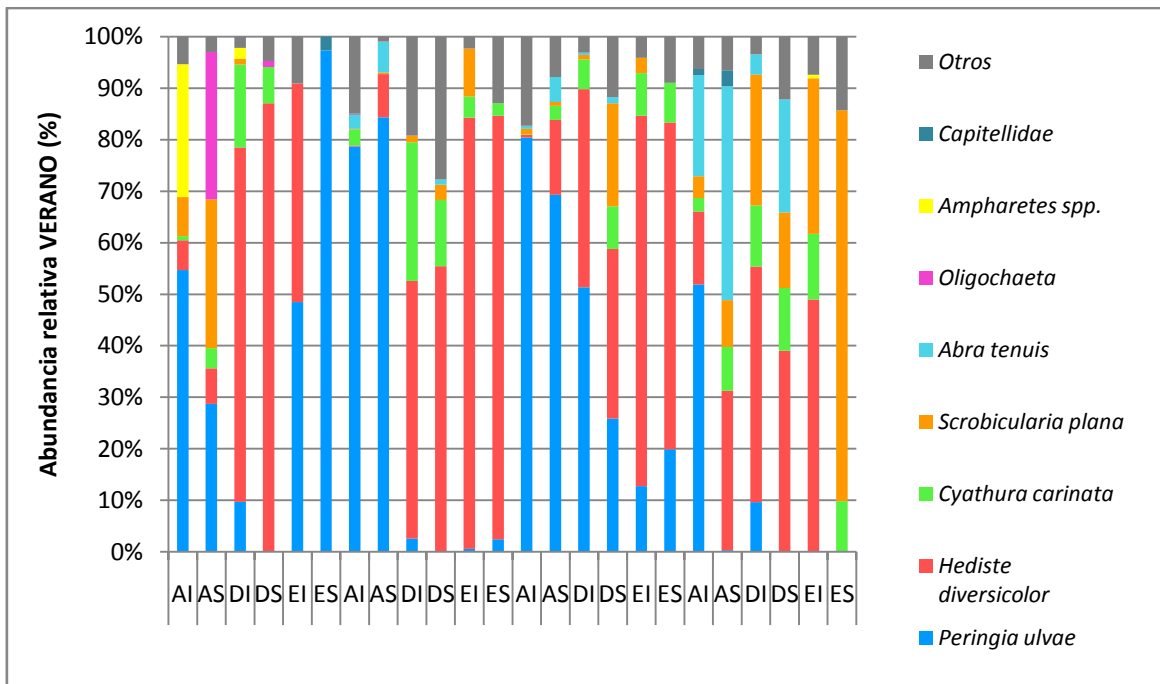


Figura 13. Porcentaje de abundancia relativa de especies en cada estación de muestreo para cada año en la campaña de verano.

Se observa variación espacial, donde *P. ulvae* es más abundante en las estaciones A y D. Mientras que *H. diversicolor* lo es en D y E. Además también existe variación temporal donde *P. ulvae* aumentaba en los primeros años en comparación con 2013 donde ha terminado por desaparecer (estaciones EI-ES) con el paso de los años, mientras que *S. plana* ha aumentado. Ésta última soporta muy bien salinidades bajas, por lo que se suele encontrar en zonas internas del estuario y lugares cercanos a desembocaduras de ríos. Otros taxones que han desaparecido a partir del 2011 son *Ampharetes spp.* y *Oligochaeta*.

5.3.2. Análisis multivariante

Al igual que sucede con los índices univariantes, se consideró adecuado seleccionar aquellas muestras efectuadas en campañas de verano para cada año de muestreo. A continuación se muestran resultados del análisis de ordenación, representado sobre la figura los factores ambientales más relevantes (estación, año y nivel de marea).

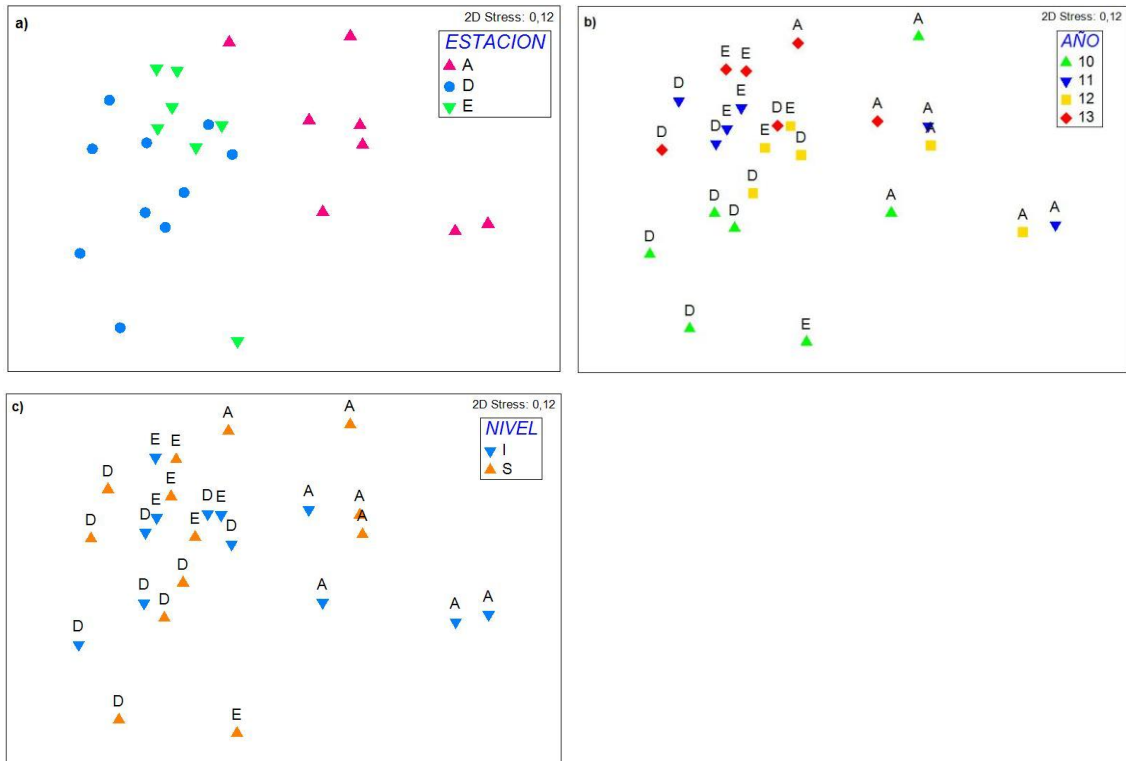


Figura 14. Resultados del análisis de ordenación efectuado con los datos de abundancia de macroinvertebrados. Se representa sobre el MDS a) las estaciones, b) los años, c) el nivel mareal.

De los resultados obtenidos se deduce que existen diferencias entre las estaciones de muestreo, destacando A respecto a D y E, que son más semejantes entre ellas, siendo las estaciones de la zona media e interior de la ría. Analizando más en profundidad las estaciones en función del nivel que ocupan en la franja intermareal no se observan diferencias entre las que pertenecen al nivel superior o inferior (Figura 14 c), independientemente de su localización en la zona más externa (A), en la zona media (D) o en la más interna (E). Por lo tanto se observan diferencias espaciales pero no en el nivel.

Respecto a los años de muestreo se evidencia una clara diferencia entre los años 2010 y 2013, donde la dispersión de datos del 2010 es mayor que en 2013. 2011 y 2012 pueden considerarse años intermedios de transición entre las condiciones iniciales y las existentes al final del periodo de estudio, debido a la similitud en la dispersión de sus datos (Figura 14 b).

5.4. ANÁLISIS DE VEGETACIÓN

5.4.1. Inventario de especies

A continuación se muestra los resultados obtenidos tras analizar datos de vegetación desde 2011-2014 para cada uno de las parcelas localizadas en la zona más interna de la ría de Zapedo (Figura 1). Se indican en diferentes colores las especies presentes.

5.4.2. Cobertura vegetal

Al inicio del estudio, el porcentaje mayoritario de cobertura vegetal está representado por especies pioneras como *Salicornia ramosissima* y *Sarcocornia sp.*, las cuales han ido desapareciendo. Esto es debido a la presencia de nuevas especies como *Suaeda albescens* y *Suaeda maritima*, ambas de apariencia semejante a las pioneras.

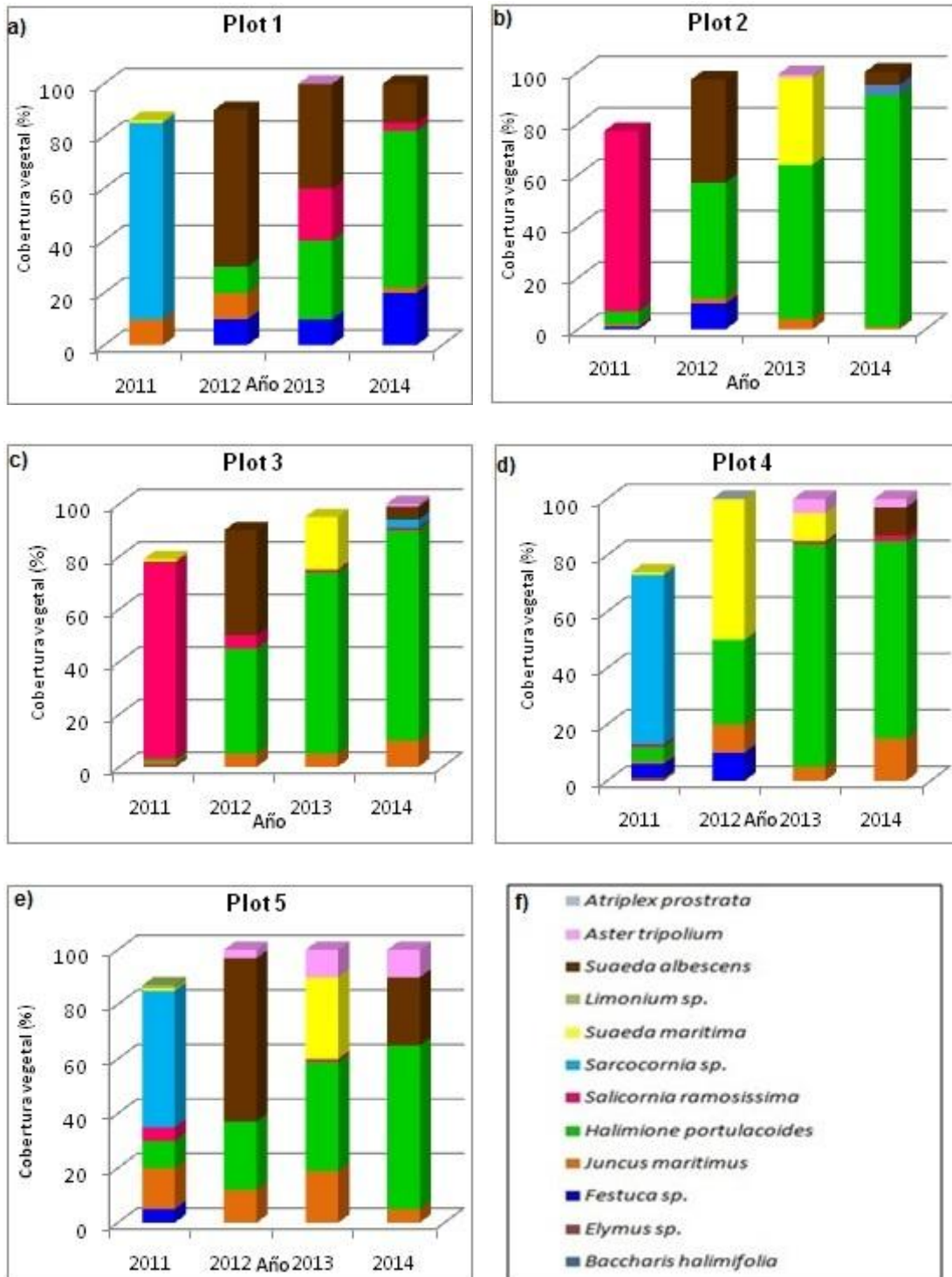


Figura 15. Cobertura vegetal de marisma. Se representa a) plot 1, b) plot 2, c) plot 3, d) plot 4, e) plot 5, f) inventario de especies vegetales.

Le sigue un aumento de la cobertura de vegetación vivaz como *Halimione portulacoides* con el paso de los años, llegando a convertirse en la especie dominante en la totalidad de parcelas analizadas.

En relación a su localización, los plots o parcelas 3, 4 y 5 se encuentran más cercanos en comparación con el plot 1, más alejado y aislado del resto. No es tanto su localización, sino la cantidad de *B. halimifolia* eliminada lo que determina el estado inicial del plot así como su evolución temporal bajo las nuevas condiciones de entrada de agua y por lo tanto de variaciones de salinidad.

Por otro lado, independientemente de las especies vegetales halófitas que han ido brotando, se confirma una evolución temporal en las parcelas en cuanto a cobertura, riqueza y diversidad. Donde el porcentaje de cobertura aumenta al igual que lo hace la riqueza y la diversidad, reduciéndose esta última con el paso del tiempo mientras se mantiene la riqueza.

Esto indica la existencia de una especie con una alta abundancia específica, lo que explica la reducción de diversidad. Esta especie es *H. portulacoides*, pequeño arbusto de marisma, erecto, de color verde grisáceo, de hojas perennes y carnosas, con flores poco aparentes agrupadas en inflorescencias en la parte superior de las ramas, con floración de julio a octubre.

Las siguientes imágenes evidencian la evolución temporal en las especies vegetales de marisma, así como la cobertura de las mismas, para cada parcela analizada.

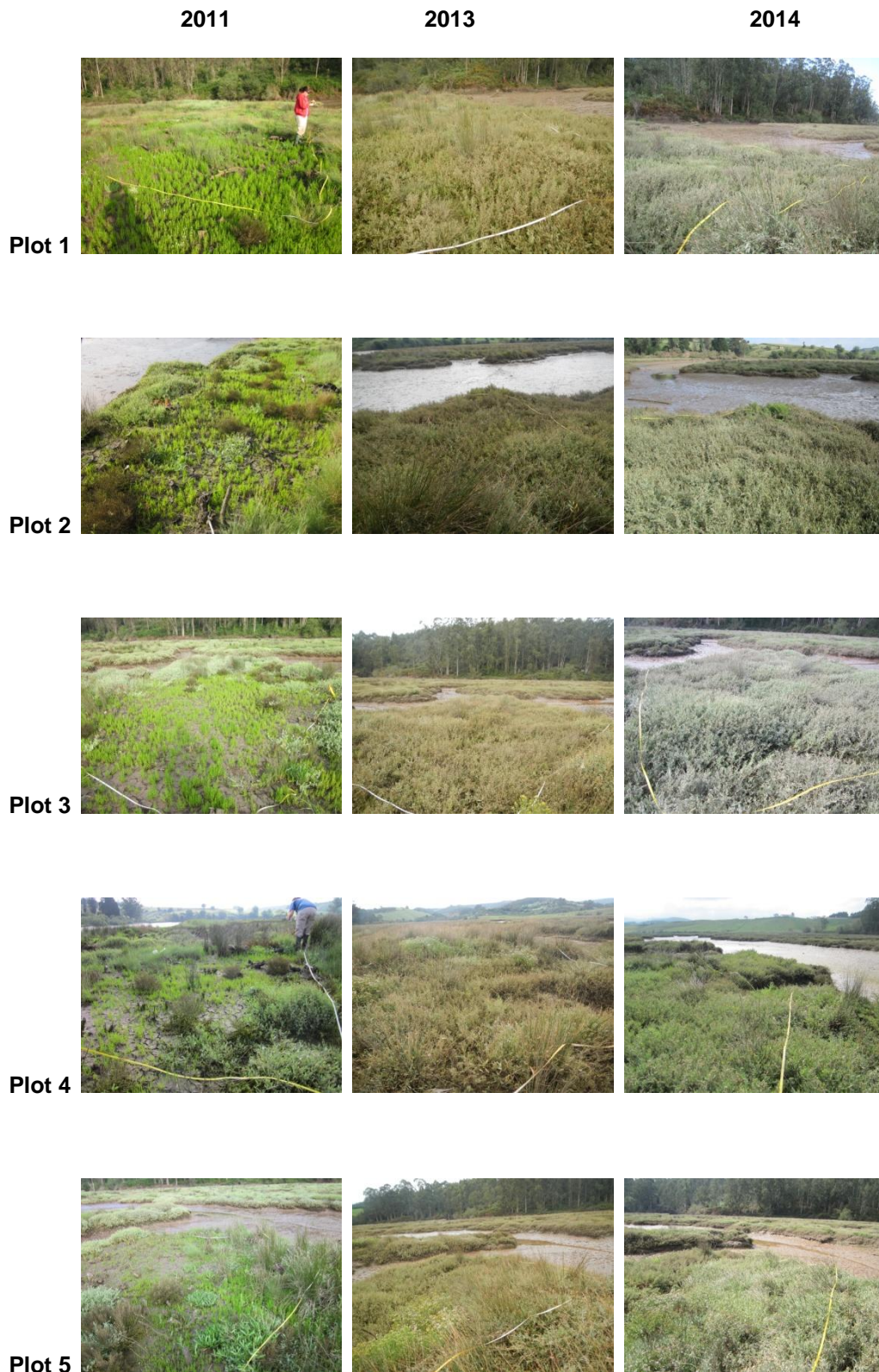


Figura 16. Imágenes de la evolución temporal y distribución espacial de la vegetación de marisma.

Al inicio del análisis hay presencia de especies pioneras con una alta cobertura, ya que las condiciones ambientales son idóneas al no competir con otras especies. Continúan su desarrollo hasta la aparición de una segunda etapa en la sucesión con especies del género

Suaeda, perenne, de hojas alternas y carnosas. A la presencia de estas especies intermedias le sigue la aparición de especies más estables en la comunidad como son *Juncus*, *Halimione portulacoides* y *Aster tripolium* que aumentan su cobertura con el paso del tiempo.

Finalmente se evidencia un aumento en la riqueza y diversidad de las parcelas en los años intermedios. Con el paso de los años, a medida que la riqueza se mantiene la diversidad disminuye. Esta consecuencia es efecto de la existencia de una especie con elevada abundancia como *H. portulacoides* (Figura 15).

6. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos muestran la existencia de una variación tanto en parámetros físico-químicos como biológicos a lo largo del periodo de estudio. Dicha variación se hace evidente tanto a escala temporal como espacial en la mayoría de muestreos llevados a cabo tras la aplicación del Proyecto de Recuperación y Restauración ambiental del estuario de Oyambre.

Respecto a la composición granulométrica del sedimento, ésta se ha visto modificada tras la aplicación del proyecto debido a que existen diferencias a lo largo de los años desde que se comenzó el muestreo en tres zonas de la ría de Zapedo. Principalmente se compone de fangos, cuyo porcentaje disminuye por un aumento de arenas finas y gravas a medida que se restableció la dinámica mareal del estuario. Los sedimentos de mayor tamaño experimentaron un incremento, el cual se acentuó sobre todo en las estaciones de muestreo con mayor influencia mareal. También existe una variación espacial en la materia orgánica presente en el sedimento, ya que los mayores registros se encontraban en niveles superiores excepto en las estaciones más exteriores de la ría, donde *Nanozostera noltii* coloniza el nivel inferior favoreciendo la retención de materia orgánica.

La nueva dinámica del estuario está definida por un cambio en las condiciones físico-químicas del agua, cosa que a su vez determina la supervivencia de las comunidades bentónicas (Galván et al., 2010). Por consiguiente se registraron diferencias en las características físico-químicas del agua, especialmente relevante en el caso de la salinidad.

El conjunto de estaciones pertenecientes a la ría de Zapedo, presentaban diferencias entre ellas. La estación correspondiente a la zona más interna de Zapedo, poseía los más bajos valores de salinidad del total de las seis estaciones analizadas. Mientras que la estación más externa de la misma ría, registraba los más altos. Estas diferencias de salinidad en las estaciones en función de su proximidad a la bocana de la ría no fueron tan evidentes en las dos estaciones pertenecientes a la ría del Capitán, donde se considera que no se ha restablecido la entrada de agua original debido a la existencia de un dique en la zona más exterior.

En cuanto a la diversidad de macroinvertebrados, las diferencias entre las estaciones se hicieron menos evidentes a medida que se restableció la dinámica mareal con el paso de los años (Figura 11), el mismo comportamiento reflejó la riqueza, con menor variación en 2013. El mínimo número de especies normalmente es observado en ambientes con salinidad entre 5-8 (Khlebovich, 1968), por ello cabe destacar que son las estaciones más internas de la ría las que presentaron menor riqueza sin distinción en los años de muestreo, mientras que las estaciones más externas poseían mayor número de especies.

Hediste diversicolor, *Scrobicularia plana* y *Cyathura carinata* son las especies con mayores abundancias, todas ellas caracterizan la comunidad de *Scrobicularia plana* - *Cerastoderma edule*, característica de sustratos oligo-mesohalinos. Las especies características de esta

comunidad son especies tolerantes frente a variaciones ambientales, lo que les permite explotar ambientes estresantes para otras especies (Puente et al., 2008).

La especie *H. diversicolor* muestra tolerancia a las zonas de influencia de las riadas, con bajas salinidades, turbidez por sustancias procedentes del lavado de cuencas y sustratos de fangos. Una respuesta similar tiene la especie *S. plana*, la cual muestra incluso una mayor tolerancia a los ambientes estresantes por aportes fluviales y contaminación orgánica. Junto a estas dos especies es frecuente la presencia de *C. carinata*, ya que tolera ambientes con influencia por aportes fluviales con baja salinidad y sustancias, además, tiene una mayor preferencia por sustratos con mayor contenido en arenas de grano grueso (0.5-1 mm).

Respecto a la vegetación de marisma, (Kolb et al., 2003) pone de manifiesto que la habilidad de especies nativas para competir con especies introducidas, disminuye con un aumento en la disponibilidad de recursos limitantes. Por ello, anteriormente a la aplicación del proyecto de restauración ambiental, el estuario de Oyambre poseía una reducción del régimen mareal en sus zonas interiores o áreas elevadas, lo que pudo haber favorecido el asentamiento de *B. halimifolia*. La capacidad de especies de plantas para tolerar el estrés ambiental es especialmente importante en los humedales costeros y fluviales, donde los gradientes en hidrología o la salinidad determinan los patrones de vegetación dominante (Poulter et al., 2008).

Cuando el estuario recuperó parte de su ciclo natural de las mareas, las áreas que fueron dominada por *B. halimifolia* en 2009, fueron re-colonizado por la vegetación nativa en 2011, debido al cambio que se produjo en los patrones de distribución de la vegetación, permitiendo la recuperación de vegetación palustre nativa.

Juncus maritimus y *Halimione portulacoides*, son especies típicas de zonación media y alta de marisma, siendo ahora especies dominantes en muchas áreas donde *B. halimifolia* estaba presente (Frau et al., 2014). Cano et al., 2013 indicó que en otros estuarios del mar Cantábrico, *B. halimifolia* se distribuye en áreas en las que se reduce la inundación y la salinidad es moderada.

Es necesario sin embargo, el seguimiento del estado en estas zonas de estudio conforme a evaluar la capacidad del ecosistema de volver a un estado de equilibrio.

7. CONCLUSIONES

Es importante destacar que, debido a los estudios realizados y los resultados obtenidos en dicho trabajo, es de gran utilidad la información generada en el presente documento, ya que permite detectar que se ha producido un cambio que, además se mantiene con el paso del tiempo evidenciando una evolución en el comportamiento del estuario. Con base en ello, se reconoce haber alcanzado el objetivo fijado en el presente trabajo.

A continuación se enumeran las principales conclusiones obtenidas:

- La apertura del dique ha generado cambios en los sedimentos del área de estudio, observándose un incremento del porcentaje de arenas.
- La salinidad es la principal variable ambiental que afecta a la distribución de especies y, por tanto, a las comunidades que conforman. La composición de la comunidad de macroinvertebrados en la ría de Zapedo al final del período de estudio es semejante a la descrita en otros estuarios de la región, lo que refleja la recuperación del estuario.
- La eliminación mecánica de *B. halimifolia* ha resultado ser moderadamente efectiva en el estuario de Oyambre, que muestra que la mejora en el flujo mareal que penetra en el estuario contribuye a disminuir la cobertura de esta especie invasora, favoreciendo además al crecimiento de vegetación de marisma apta a las nuevas condiciones.

Para completar estas conclusiones, sería muy interesante realizar un estudio de otros estuarios del litoral Cántabro, de los cuales se conozca de antemano su estado hidrodinámico, con el fin de comparar resultados entre ellos y garantizar, con el paso del tiempo que el estuario de Oyambre está recuperando su dinámica original.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Arriola, E. F., Mantecón, V. R., & Jordana, J. C. C. (2006). Los estuarios cantábricos orientales (norte de la península ibérica): Características naturales, importancia ecológica y principales problemas ambientales derivados de sugestión. *Revista UnG–Geociências* V, 5(1), 45-54.
- Benetti, C. J., Alonso, A. I., & Garrido, J. (2007). Comparación de la comunidad de coleopteros acuáticos (Adephaga y Polyphaga) en dos cuencas hidrográficas con distinto grado de acción antropogénica (Pontevedra, NO de España). *Limnetica*, 26(1), 115-128.
- BOE (2011). Resolución de 15 de noviembre de 2011, de la Secretaría de Estado de Cambio Climático, por la que se formula declaración de impacto ambiental del proyecto Restauración de la marisma de Tina Mayor en los términos municipales de Ribadedeva (Asturias) y Val de San Vicente (Cantabria). MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE, Y MEDIO RURAL Y MARINO.
- BOE (2013). Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto. Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras. (BOE nº 185): 03.08.2013
- Bray, J. R., & Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological monographs*, 27(4), 325-349.
- Campos, J. A. y M. Herrera (2009). Diagnóstico de la Flora alóctona invasora de la CAPV. Dirección de Biodiversidad y Participación Ambiental. Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Gobierno Vasco. 296 pp. Bilbao
- Cardoso, P. G., Sousa, E., Matos, P., Henriques, B., Pereira, E., Duarte, A. C., & Pardal, M. A. (2013). Impact of mercury contamination on the population dynamics of *Peringia ulvae* (Gastropoda): Implications on metal transfer through the trophic web. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 129, 189-197.
- Carr, M. R. (1996). *PRIMER user manual: Plymouth routines in multivariate ecological research*. Plymouth Marine Laboratory.
- Cedrún, P. M., Maroto, G. F., Flor, G., & Flor-Blanco, G. Granulometría y composición mineralógica de los sedimentos arenosos de los sistemas de playa/dunas de la costa de Cantabria (NO de España).
- Clarke, K. R., & Gorley, R. N. Plymouth: Primer-E; 2006. *PRIMER v6: User manual/tutorial*.
- Clarke, K. R., & Warwick, R. M. (2001). Change in Marine Communities: an Approach to Statistical Analysis and Interpretation. PRIMER-E, Plymouth, U.K.

- Coblentz, B. E. (1990). Exotic organisms: a dilemma for conservation biology. *Conservation biology*, 4(3), 261-265.
- Corta D. 2010. *Respuesta de los invertebrados bentónicos de la zona intermareal a los factores ambientales en los estuarios cántabros*. A.PUENTE TRUEBA, director. Tesina de máster oficial en gestión ambiental de sistemas hídricos. Universidad de Cantabria.
- Eizaguirre, B. O., Izquierdo, M. A. A., & Vélez, L. F. *Zostera spp del cantábrico: La bahía de Santander y las marismas de Santoña*.
- EUROPAPRESS [sitio web]. 2009. España. Informa: lainformacion.com. [Consulta: 14 noviembre 2014]. Disponible en: http://noticias.lainformacion.com/espana/revilla-destaca-la-escrupulosa-adequacion-al-entorno-de-los-puentes-sobre-las-rias-de-la-ria-y-del-capitan_B7ywXGbHtllEUAPHDEZr75/
- Frau, D., Eizaguirre, B. O., Arbeiza, C. G., & de la Peña, J. A. J. (2014). The role of the hydrodynamic regime in the distribution of the invasive shrub *Baccharis halimifolia* (Compositae) in Oyambre Estuary (Cantabria, Spain). *Limnetica*, 33(1), 1-12.
- Galván Arbeiza, C. (2014). Clasificación de estuarios a diferentes escalas espaciales mediante la integración de modelos físicos y biológicos.
- Galván, C., Juanes, J. A., & Puente, A. (2010). Ecological classification of European transitional waters in the North-East Atlantic eco-region. *Estuarine, coastal and shelf science*, 87(3), 442-450.
- GEIB. 2006. TOP 20: Las 20 especies exóticas invasoras más dañinas presentes en España. GEIB, Serie Técnica N.2. Pp.: 116.
- Hammersmark, C. T., Fleenor, W. E., & Schladow, S. G. (2005). Simulation of flood impact and habitat extent for a tidal freshwater marsh restoration. *Ecological Engineering*, 25(2), 137-152.
- Heywood, V. H. & J. M. Iriondo. 2003. Plant conservation: old problems, new perspectives. *Biological Conservation*, 113: 321–335.
- Ibarguen, V. M. Q., & Schmalbach, J. C. V. *Estadística básica con aplicaciones en Ms Excel*. Juan Carlos Martínez Coll.
- IH Cantabria, (2012). Red de Control de Calidad Litoral en Cantabria. Informe Técnico Final, *Universidad de Cantabria*, Santander.
- Izco, J. (2004). Biodiversidad y conservación. *Botánica. J. Izco, coordinador. McGraw Hill, Madrid*, 663-713.

- Khlebovich, V. V. (1968). Some peculiar features of the hydrochemical regime and the fauna of mesohaline waters. *Marine Biology*, 2(1), 47-49.
- Kolb, A., & Alpert, P. (2003). Effects of nitrogen and salinity on growth and competition between a native grass and an invasive congener. *Biological Invasions*, 5(3), 229-238.
- Marquínez J., E. Fernández & S. Fernández. (2003). Indicadores morfológicos del alcance de la onda mareal en estuarios: terrenos reclamados durante el pasado siglo en el estuario de Ribadesella (Costa Cantábrica). *Aturalia Cantabricae* 2: 1-10.
- Meaza, G., Cadiñanos, J. A., Campos, J. A., García, J. C., & Lozano, P. (1997). Presencia, dinámica actual y procesos de alteración ambiental inducidos por la flora xenófita en el litoral cantábrico oriental. *Munibe*, 49, 129-241.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino.(2011). Proyecto de recuperación y restauración ambiental de las marismas de Zapedo y Capitán en el parque natural de Oyambre (Cantabria). *Demarcación de costas de Cantabria. Dirección General de Sostenibilidad y de la Costa y del Mar*.
- Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological economics*, 35(1), 25-33.
- Plan, P., & del Pare, N. (2009). Proyecto de Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del Parque Natural de Oyambre.
- Puente, A., Juanes, J. A., García, A., Álvarez, C., Revilla, J. A., & Carranza, I. (2008). Ecological assessment of soft bottom benthic communities in northern Spanish estuaries. *Ecological Indicators*, 8(4), 373-388.
- Sanz Elorza M., Dana Sánchez E.D. y Sobrino Vesperinas E., eds. 2004. Atlas de las plantas alóctonas invasoras en España. Dirección General para la Biodiversidad. Madrid, 384 pp.
- Smith, R. L., & Smith, T. M. (2000). *Ecología 4ª ed.* 642 p.
- UC (2006). Plan de investigación integral para la caracterización y diagnóstico ambiental de los sistemas acuáticos de la comunidad de Cantabria. Dpto. Ciencias y Técnicas del Agua y Medio Ambiente. *Universidad de Cantabria*.