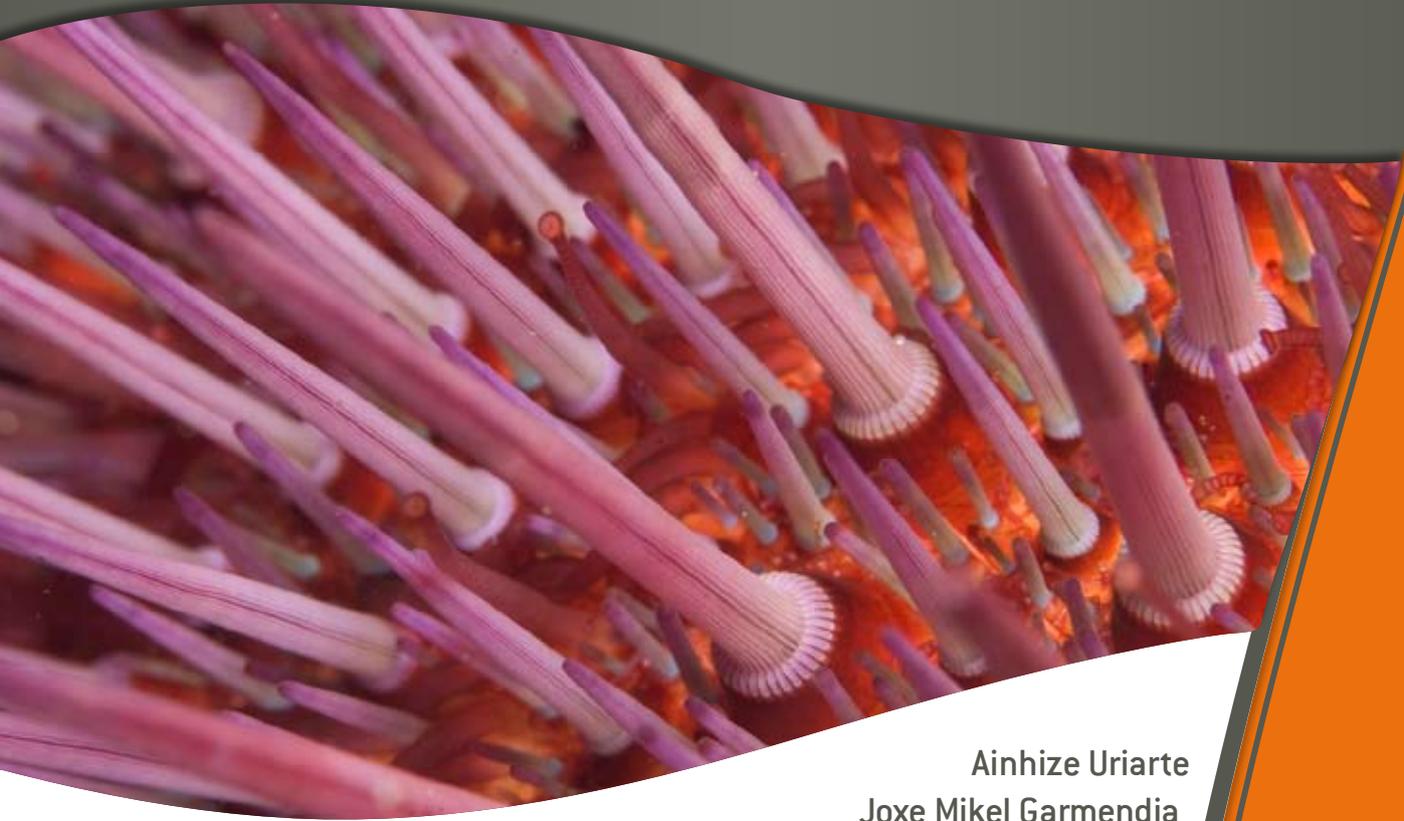


20(8)

Caracterización y variabilidad de las comunidades demersales en los estuarios del País Vasco y su respuesta a presiones humanas



Ainhize Uriarte
Joxe Mikel Garmendia
José Germán Rodríguez
Iñigo Muxika
Angel Borja

Uriarte, A., Garmendia, J.M., Rodríguez, J.G., Muxika, I. y Borja, A., 2013. Caracterización y variabilidad de las comunidades demersales en los estuarios del País Vasco y su respuesta a presiones humanas. *Revista de Investigación Marina*, AZTI-Tecnalia, 20(8): 103-148

La serie '*Revista de Investigación Marina*', editada por la Unidad de Investigación Marina de Tecnalia, cuenta con el siguiente Comité Editorial:

Editor: Dr. Ángel Borja

Adjunta al Editor: Dña. Mercedes Fernández Monge e Irantzu Zubiaur
(coordinación de las publicaciones)

Comité Editorial: Dr. Lorenzo Motos
Dr. Adolfo Uriarte
Dr. Michael Collins
Dr. Javier Franco
D. Julien Mader
Dña. Marina Santurtun
D. Victoriano Valencia
Dr. Xabier Irigoien
Dra. Arantza Murillas
Dr. Josu Santiago

La '*Revista de Investigación Marina*' de Tecnalia edita y publica investigaciones y datos originales resultado de la Unidad de Investigación Marina de Tecnalia. Las propuestas de publicación deben ser enviadas al siguiente correo electrónico aborja@azti.es. Un comité de selección revisará las propuestas y sugerirá los cambios pertinentes antes de su aceptación definitiva.



Edición: 1.^a Julio 2013

© AZTI-Tecnalia

ISSN: 1988-818X

Unidad de Investigación Marina

Internet: www.azti.es

Edita: Unidad de Investigación Marina de Tecnalia

Herrera Kaia, Portualdea

20110 Pasaia

Foto portada: © Álex Iturrate

Caracterización y variabilidad de las comunidades demersales en los estuarios del País Vasco y su respuesta a presiones humanas

Ainhize Uriarte^{1*}, Joxe Mikel Garmendia¹, José Germán Rodríguez¹,
Iñigo Muxika¹, Angel Borja¹

Resumen

Los peces estuáricos muestran una respuesta relativamente temprana a las posibles alteraciones del medio y a las presiones antrópicas, siendo buenos indicadores de cambios, especialmente en lo que se refiere a la calidad de las aguas. Entre 2008 y 2010 se llevaron a cabo campañas de muestreo en los estuarios vascos en tres épocas diferentes (primavera, verano y otoño). El análisis de los resultados obtenidos permite describir las comunidades demersales estuáricas (peces y crustáceos) establecidas en dichos estuarios. Los datos obtenidos han permitido determinar el estado ecológico de la comunidad demersal en cada uno de los estuarios mediante el índice AFI (AZTI's Fish Index), así como estudiar la respuesta de estas comunidades a las presiones humanas. Además, se ha detectado e identificado un crustáceo alóctono.

Palabras clave: Peces de estuario, estuarios, País Vasco, AFI, presiones, comunidad demersal, especies alóctonas, estado ecológico, Directiva Marco del Agua

Abstract

The early response to environmental disturbance and antropogenic pressure by estuarine fishes make them good indicators of changes, especially in regard to water quality. From 2008 to 2010 sampling surveys of demersal assemblages in the Basque estuaries were carried out three times per year (spring, summer and autumn). The results obtained have allowed to describe the demersal communities (fish and crustaceans) established in these estuaries. In addition, the ecological status of the demersal community was assessed in each estuary, by the AFI index (AZTI's Fish Index) and the response of the demersal community to human pressures was analyzed. Moreover, a crustacean alien species has been detected and identified.

Key Words: Estuarine fishes, estuaries, Basque Country, AFI, pressures, demersal community, alien species, ecological status, Water Framework Directive

Introducción

Los estuarios son sistemas muy dinámicos en los que las condiciones físico-químicas (temperatura, salinidad, transparencia, concentración de oxígeno, etc.) cambian constantemente (Elliott y McLusky, 2002; Potter *et al.*, 2010). La variabilidad de las condiciones físico-químicas viene determinada, fundamentalmente, por la mezcla de agua dulce continental y agua marina, por las variaciones del caudal fluvial y por la acción de las mareas. Los organismos residentes en estos sistemas están adaptados a cambios bruscos (principalmente a los cambios de temperatura y salinidad) (Elliott y Whitfield, 2011).

Una comunidad biológica importante en los estuarios es la demersal (organismos que viven cerca del fondo), constituida fundamentalmente por peces y crustáceos. Los peces que habitan en estos ecosistemas pueden vivir en ellos durante todo su ciclo de vida o solamente durante una época concreta del mismo (Vasconcelos *et al.*, 2011). Así, en los estuarios europeos de latitudes templadas, algunos taxones son residentes (*Platichthys flesus*, *Syngnathus* sp., Gobiidae, etc.), otros pasan su época juvenil en los estuarios (*Dicentrarchus labrax*, *Diplodus* sp., etc.), algunas especies son catádomas, como *Anguilla anguilla*, y otras especies, aun siendo marinas, entran de vez en cuando a alimentarse o a reproducirse en el estuario (*Mullus surmuletus*, *Echiichthys vipera*, etc.) (Vasconcelos *et al.*, 2010). En cuanto a los crustáceos, destaca la presencia de *Crangon crangon*, *Palaemon* sp., *Macropodia rostrata*, *Carcinus maenas*, *Pisa tetraodon*, *Pachygrapsus marmoratus*, etc., todos ellos considerados como especies residentes.

Respecto al interés del estudio de las comunidades de fauna

¹AZTI-TecNALIA; Unidad de Investigación Marina; Herrera Kaia, Portualdea z/g; 20110 Pasaja; Gipuzkoa; España

* aiuriarte@azti.es

demersal en estuarios, la Directiva Marco del Agua (DMA; 2000/60/CE) establece que los peces estuáricos son elementos objeto de evaluación, debido a que proporcionan una respuesta temprana a las posibles alteraciones del medio y a las presiones antrópicas (Borja *et al.*, 2004a; Coates *et al.*, 2007; Uriarte y Borja, 2009). Se consideran buenos indicadores de cambios, especialmente en lo que se refiere a la calidad de las aguas (Moore *et al.*, 1995; Harrison *et al.*, 2000; Whitfield y Elliott, 2002).

En la actualidad existen en Europa varios índices y metodologías contrastadas para establecer el estado ecológico a partir de los peces (Borja *et al.*, 2004a; Borja, 2005; Breine *et al.*, 2007; Coates *et al.*, 2007; Borja *et al.*, 2008; Borja *et al.*, 2009; Girardin *et al.*, 2009; Uriarte y Borja, 2009), razón por la cual se está desarrollando un proceso de intercalibración de metodologías entre varios países europeos, entre ellas una metodología desarrollada por AZTI-Tecnalia (Uriarte y Borja, 2009).

Habida cuenta del interés que tienen las comunidades estuáricas de fauna demersal, tanto por su utilidad para evaluar la calidad ambiental de estos sistemas, como por su valor natural y sus posibles usos (como la pesca deportiva), resulta de gran interés llevar a cabo estudios de estas comunidades con el objeto de determinar su estado y su evolución.

Los primeros estudios relativos a las comunidades de fauna demersal en los estuarios vascos fueron realizados a finales de los años 80 en Gipuzkoa, por la Sociedad Cultural INSUB (San Vicente *et al.*, 1988). En 1995 y 1996, a petición del Departamento de Obras Hidráulicas y Urbanismo de la Diputación Foral de Gipuzkoa, AZTI-Tecnalia llevó a cabo estudios relativos a la calidad ambiental de los seis principales estuarios de Gipuzkoa (Borja *et al.*, 1996; Franco *et al.*, 1996; Borja *et al.*, 1997): Bidasoa, Oiartzun, Urumea, Oria, Urola y Deba. Tales trabajos incluían el estudio de las comunidades de fauna demersal.

A su vez, los primeros estudios de comunidades estuáricas demersales en Bizkaia se realizaron en 1989 en el Nerbioi y en 1990 en el Barbadun. En concreto, el objetivo de estos estudios consistía en caracterizar las comunidades de fauna demersal, realizar un seguimiento temporal y, tras analizar otros elementos como el zooplancton, los sedimentos, la columna de agua y el bentos, obtener una valoración del estado de todo el sistema y de su evolución a lo largo del tiempo (Franco *et al.*, 2011). Los muestreos realizados en estos estuarios se han ido repitiendo con carácter anual, siempre en otoño (en la mayoría de los casos en octubre), aunque en 1993 y 1994 también se realizaron muestreos en primavera y verano. El estuario del Barbadun se muestreó de forma anual hasta el año 2003. Por otro lado, el estuario de Butroe ha sido muestreado anualmente en otoño entre 1997 y 2003.

En el marco del proyecto “Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras del País Vasco”, realizado por AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua (URA), desde el año 2002 se vienen realizando muestreos para el análisis de la vida piscícola. Cada año se muestrean 4 estuarios y, de esta manera, en 3 años se completan los 12 estuarios vascos (Borja *et al.*, 2007).

Los objetivos del presente trabajo son: (1) caracterizar la fauna demersal de los 12 estuarios del País Vasco, en muestreos realizados en primavera, verano y otoño de un año; (2) detectar e identificar las posibles especies alóctonas; (3) determinar el estado ecológico de esta comunidad demersal, para la DMA, usando los índices desarrollados en el País Vasco; y (4) estudiar la respuesta de estas comunidades a las presiones humanas.

El medio físico de los estuarios vascos

Según la clasificación de Ketchum (1983), atendiendo a criterios geológicos los estuarios vascos son valles fluviales inundados, que se formaron tras la última glaciación, en la llamada época de la transgresión Flandriense. En esta época el nivel del mar aumentó en unos 100 m (Cruz-San Julián *et al.*, 1984) quedando, por lo tanto, la parte inferior de los valles sumergida.

La cercanía de la cordillera Cantábrica provoca que los sistemas fluviales que desembocan en estos estuarios se caractericen por presentar una longitud reducida y una pendiente elevada. El régimen hidrológico se caracteriza por ser de tipo torrencial (López, 1986; García de Bikuña y Docampo, 1990), con precipitaciones elevadas (pudiendo sobrepasar los 2.500 mm anuales, aunque la media se sitúa en unos 1.500 mm) y un coeficiente de escorrentía muy alto. Existe un gradiente de pluviosidad que aumenta de oeste a este.

Los estuarios vascos se caracterizan por presentar dos bajamares y dos pleamares diarias (se definen como mareas semidiurnas), con una amplitud de marea que varía desde ≈ 1 m en mareas muertas hasta $\approx 4,5$ m en mareas vivas. Por ello, los estuarios vascos son considerados sistemas mesomareales (aunque presentan algunas características propias de estuarios macromareales) (Hayes, 1975; González *et al.*, 2004).

En la Tabla 1, se recogen de forma resumida las características geomorfológicas e hidrológicas principales de los estuarios del País Vasco. La Tabla 2, por su parte, presenta algunos parámetros relativos a las condiciones de renovación de estos sistemas.

Teniendo en cuenta todas las características expuestas en las Tablas 1 y 2 y los criterios de delimitación definidos por Borja *et al.* (2004b), para la aplicación de la DMA las aguas de transición (estuarios) de la costa vasca (Figura 1) fueron clasificadas en tres categorías:

1. Aguas de transición de Tipo 8: estuario atlántico intermareal con dominancia del río sobre el estuario; estuarios de Deba y Urumea, con caudales de río medios ($14-17 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, longitudes medias (5-8 km), volumen submareal bajo (parte interna $< 0,6 \text{ m}^3 10^6$), prisma mareal $< 1,5$, y tiempo de flujo < 13 días).
2. Aguas de transición de Tipo 9: estuario atlántico intermareal con dominancia marina; estuarios de Barbadun, Butroe, Oka interior, Oka exterior, Lea, Artibai, Urola y Oria, con superficie intermareal $> 63\%$ (casi todos $> 85\%$) y tiempo de flujo < 16 días (excepto el Oka).
3. Aguas de transición de Tipo 10: estuario atlántico submareal: estuarios del Nerbioi exterior, Nerbioi interior, Oiartzun y Bidasoa, son profundos (profundidad máxima > 10 m), con volumen submareal alto (parte interna $< 5 \text{ m}^3 10^6$), prisma mareal alto ($> 2,3$) y tiempo de flujo elevado (> 33 días).

Tabla 1. Principales características geomorfológicas e hidrológicas de los estuarios (total y sólo parte interior) del País Vasco. Área de cuenca de Erasó *et al.* (2001). ¹ Volumen medio del estuario considerado para una altura de marea de 2,5 m; ² Volumen submareal considerado para una altura de marea de 0 m; ³ Superficie total inundable considerada para una altura de marea de 4,5 m (Borja *et al.*, 2004b). Nota: “Interior” se refiere a la parte interna del estuario, sin tener en cuenta la bahía exterior correspondiente; “Profundidad” es la máxima del estuario. Excepto los mencionados arriba, el resto de datos proceden de Borja *et al.* (2006).

ESTUARIO	Área cuenca (km ²)	Caudal río (m ³ .s ⁻¹)	Longitud estuario (km)	Profundidad estuario (m)	Volumen estuario ¹ (m ³ 10 ⁶)	Volumen submareal ² (m ³ 10 ⁶)	Superficie total inundable	% de superficie submareal	% de superficie intermareal	Prisma Mareal medio
Barbadun	128.92	2.9	4.4	5	1.590	0.560	0.753	31	69	
Barbadun int.					0.161	0.004	0.277	0.3	99.7	0.42
Nerbioi	1798.77	36.0	22.0	30	402.100	348.650	29.240	72	28	56.80
Abra Exterior					338.900	299.750	16.150	97	3	40.21
Abra Interior					20.240	15.590	1.985	91	9	5.55
Ría					14.210	8.570	7.690	26	74	7.98
Butrón	172.22	4.7	8.0	10	2.200	0.790	1.599	22	78	
Butrón interior					0.740	0.030	0.890	4	96	1.37
Oka	183.21	3.6	12.5	10	12.870	5.730	10.277	14	86	12.88
Lea	99.27	1.8	2.0	5	1.030	0.380	0.500	35	65	0.89
Lea interior					0.040	0.003	0.166	0.5	99.5	0.18
Artibai	104.28	2.5	3.5	10	2.180	1.350	0.455	66	34	
Artibai interior					0.210	0.080	0.111	37	63	0.23
Deba	530.28	14.0	5.5	5	2.900	1.610	0.740	46	54	
Deba interior					0.380	0.130	0.331	18	82	0.67
Urola	342.19	8.0	5.7	10	2.530	1.150	0.835	47	53	1.84
Urola interior					1.120	0.280	0.565	37	63	1.24
Oria	881.99	26.0	11.1	10	3.130	1.100	2.360	16	84	
Oria interior					1.830	0.360	2.094	9	91	3.37
Urumea	272.44	17.0	7.7	10	6.790	4.350	1.397	64	36	
Urumea interior					1.440	0.600	0.644	45	55	1.38
Oiartzun	85.57	4.8	5.5	20	7.290	5.210	1.001	81	19	2.29
Bidasoa	700.00	29.0	11.1	10	45.800	31.060	6.827	82	18	
Bidasoa interior					11.040	5.960	2.576	73	27	6.10
Total Estuarios					490.410	401.940	55.980			
Total Interno					51.330	26.950	26.620			

Tabla 2. Tiempo de flujo para el volumen medio del estuario y tiempo de renovación del 50% del volumen submareal, considerando el caudal fluvial medio, tanto en horas como su equivalente en días (ver los cálculos en Borja *et al.*, 2004b). Nota: “Interior” se refiere a la parte interna del estuario, sin tener en cuenta la bahía exterior correspondiente.

ESTUARIO	Tiempo de flujo (Vol. medio)		Tiempo de renovación (Vol. subm.)	
	horas	días	horas	días
Barbadun interior	5	0,21	0,27	0,01
Nerbioi (total)	78	3,25	5.370	223,75
Abra Exterior	81	3,37	23.148	964,50
Abra Interior	12	0,50	207	8,62
Estuario Interior	50	2,08	47	1,96
Butroe interior	10	0,42	1	0,04
Oka	149	6,21	1.503	62,62
Lea interior	3	0,12	1	0,04
Artibai interior	7	0,29	0,03	0,001
Deba interior	2	0,08	1	0,04
Urola interior	16	0,67	4	0,17
Oria interior	8	0,33	6	0,25
Urumea interior	13	0,54	8	0,33
Oiartzun	42	1,75	851	35,46
Bidasoa interior	33	1,37	35	1,46

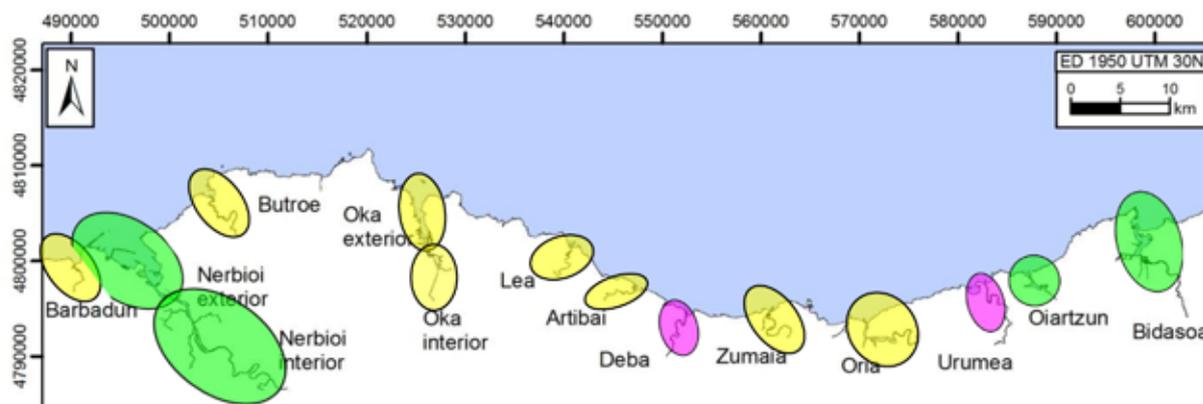


Figura 1. Costa vasca con las 14 masas de agua consideradas clasificadas de acuerdo a la tipología: tipo 8 en rosa, tipo 9 en amarillo y tipo 10 en verde.

Material y métodos

Campañas de muestreo

Para el estudio de la fauna demersal se llevaron a cabo arrastres en los mismos tramos que los de los estudios realizados anteriormente para URA desde el año 2002 (Borja *et al.*, 2012). Los muestreos del presente trabajo se llevaron a cabo en tres estaciones del año: primavera, verano y otoño, entre 2008 y 2010. En la Tabla 3 se muestran las fechas en las que se realizaron los muestreos.

Tabla 3. Fechas en las que se realizaron los muestreos en cada uno de los estuarios.

Estuario	Primavera	Verano	Otoño
Barbadun	06/05/2009	21/07/2009	17/09/2009
Nerbioi	08/05/2009	02/07/2009	18/09/2009
Butroe	17/04/2008	08/07/2008	08/10/2008
Oka	24/04/2008	10/07/2008	09/10/2008
Lea	15/04/2008	09/07/2008	13/10/2008
Artibai	12/04/2008	01/07/2008	26/09/2008
Deba	05/05/2009	16/07/2009	14/09/2009
Urola	20/05/2010	06/07/2010	01/10/2010
Oria	07/05/2009	01/07/2009	15/09/2009
Urumea	21/05/2010	08/07/2010	30/09/2010
Oiartzun	10/05/2010	09/07/2010	24/09/2010
Bidasoa	11/05/2010	07/07/2010	20/09/2010

En cada uno de los estuarios se realizaron arrastres de fondo en transectos en, al menos, tres zonas: la primera, localizada en las proximidades de la desembocadura del estuario (zona exterior); la segunda, en un tramo medio (zona media); y, la tercera, en la zona de menor salinidad (zona interior). Siempre se llevaron a cabo en marea alta o subiendo. En algunos estuarios se realizaron arrastres en una cuarta zona; es el caso de los estuarios del Oiartzun y del Bidasoa, donde se llevaron a cabo arrastres en dos zonas interiores distintas. En cada

muestreo se tomaron los datos de posición (longitud-latitud) inicial y final de cada lance (casi siempre mediante DGPS), profundidad inicial y final, y otros datos complementarios (hora, fecha, condiciones meteorológicas, etc.).

En el Anexo I se muestran las Figuras correspondientes a cada una de las masas de agua muestreada.

En cada uno de los tramos seleccionados se realizaron tres lances válidos (para obtener tres réplicas) mediante una red de percha de 1,5 m de anchura, malla exterior de 40 mm de luz y copo interior de 8 mm de luz (Figura 2). La red era arrastrada a una velocidad de 2-3 nudos durante 10 min en cada lance. Este tiempo se redujo hasta 5 min en caso de dificultad de arrastre o en estuarios de pequeño tamaño (por ejemplo, en Lea o Deba).



Figura 2. Red preparada para realizar un arrastre (© AZTI-Tecnalia).

Para la realización de las campañas de campo se utilizó una embarcación neumática equipada con un motor fueraborda, dotada de una sonda hidrográfica y un GPS diferencial para el posicionamiento (Figura 3). Al inicio del primer lance de cada uno de los transectos se midieron temperatura, salinidad, pH y oxígeno disuelto en superficie y fondo, con una sonda YSI 556 (Figura 4).



Figura 3. Embarcación neumática empleada en los muestreos (© AZTI-Tecnalia).



Figura 4. Medición de los parámetros oceanográficos (temperatura, salinidad, pH y O₂ disuelto) mediante la sonda YSI 556 (© AZTI-Tecnalia).

Análisis y tratamiento de las muestras

Tras la recogida de la red, los organismos capturados fueron separados en dos grupos: peces y crustáceos. Solamente se identificaron y contabilizaron los organismos vivos o aquellos que se encontraban en buen estado de conservación. La identificación se realizó *in situ*, a excepción de aquellos ejemplares que presentaban alguna dificultad. Los peces capturados (excepto *Pomatoschistus* sp.) fueron introducidos en un cubo de 10 L de agua con 1 mL de solución de anestésico. Los especímenes fueron anestesiados para evitar dañarlos y facilitar así la manipulación a la hora de ser medidos y fotografiados. El anestésico utilizado se compone de una solución a base de aceite esencial de clavo (2 mL) y etanol (5 mL de etanol al 95%). El conocimiento sobre las propiedades anestésicas del eugenol (molécula activa del aceite esencial de clavo, 70-90% del total) es aún muy pobre, por lo que se recomienda actuar con precaución ante las indicaciones establecidas en este protocolo. La duración de la anestesia es equivalente a la duración de la inmersión en el baño de anestésico. Si el baño no

parece hacer más efecto después de varias utilizaciones se debe preparar uno nuevo; en ningún caso se debe añadir más solución. Una vez medidos y fotografiados, los peces eran introducidos en un cubo de agua de mar hasta que el anestésico dejaba de surtir efecto. Los peces fueron devueltos a su medio natural una vez recuperados de la anestesia. La experiencia adquirida hasta la fecha muestra que el efecto del anestésico varía de una especie a otra, siendo los más sensibles los peces planos (pleuronectiformes) y los menos sensibles las anguilas (*Anguilla anguilla*).

Los organismos que no fueron identificados en el momento fueron fijados en agua de mar con formol para su posterior identificación en laboratorio (caso de las quisquillas del género *Palaemon*, que no pueden ser identificadas a nivel de especie *de visu*). La clasificación en el laboratorio se realizó a la mayor resolución taxonómica posible. La nomenclatura taxonómica se ha basado en el “Registro Europeo de Especies Marinas” (ERMS, sus siglas en inglés: www.marbef.org/data/erms.php), así como en el código taxonómico “National Oceanographic Data Center” (NODC, sus siglas en inglés) y en el “Integrated Taxonomic Information System” (ITIS, sus siglas en inglés: www.itis.usda.gov).

Las especies alóctonas se determinaron teniendo en cuenta los listados de DAISIE (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe: <http://www.europe-aliens.org/species>).

Tratamiento de los datos

Los datos recogidos en las campañas de campo y en el laboratorio (identificación y número de ejemplares) fueron registrados en hojas de cálculo para su posterior análisis. Se calcularon los principales parámetros estructurales de la comunidad para cada estación: número de taxones, abundancia, densidad (por área, teniendo en cuenta la anchura de la red; se calcularon las medias de los tres lances realizados en cada tramo), diversidad, etc. Estos cálculos se realizaron tanto para el conjunto de los organismos detectados como para los peces y crustáceos por separado.

Además, se tuvieron en cuenta también datos relativos a índices de presión y morfología a escala de estuario (véase el Anexo VI), procedentes de trabajos previos (Borja *et al.*, 2006).

Los datos se analizaron en cuatro fases sucesivas:

1. Los datos de índices de presión y morfología fueron representados en un gráfico de Draftsman, que consiste en realizar una matriz de gráficos en los que las variables se representan enfrentadas por pares, de modo que se pueden visualizar sus relaciones aparentes dos a dos. Este gráfico se usó como base para determinar qué variables deberían ser transformadas con el fin de obtener una distribución más o menos homogénea de los puntos representados a lo largo de la escala de variabilidad de cada una de las variables (Clarke y Gorley, 2006). Así, se optó por transformar logarítmicamente ($\log [1+x]$) las siguientes variables: establecimientos industriales, área portuaria, número de explotaciones agrícolas en la cuenca, número de presiones, longitud del estuario, volumen del estuario, volumen submareal del estuario, superficie inundable, prisma mareal medio, cuenca de drenaje, tiempo de flujo, distancia al talud y orientación de la bocana. Una vez transformados los datos, se volvieron a representar en otro gráfico de Draftsman,

- de modo que se pudieran detectar las variables altamente correlacionadas. Además, se calcularon también los coeficientes de correlación de Pearson por pares de variables. Este análisis permitió eliminar las siguientes variables, por su alta correlación con otras (Clarke y Warwick, 2001): volumen submareal del estuario, porcentaje de superficie intermareal, superficie inundable y prisma mareal medio. Con el resto de variables, una vez normalizadas, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) con el fin de obtener una ordenación de los estuarios en función de sus características hidromorfológicas y de la presión a la que están sometidos. Además, se elaboró también una matriz de similaridades basada en las distancias euclídeas, que se tomó como punto de partida para llevar a cabo un escalamiento multidimensional (MDS, del inglés *MultiDimensional Scaling*, Clarke y Warwick, 2001).
2. A continuación se realizaron los análisis correspondientes a la información biológica. Todos estos análisis se llevaron a cabo por duplicado: por un lado, se trataron los datos de crustáceos y de peces conjuntamente; por otro lado, se estudió la variabilidad de la fauna ictiológica, obviando las especies de crustáceos. Una vez transformados los datos de abundancias, aplicándoles doble raíz cuadrada para minimizar el efecto de las especies dominantes, se llevó a cabo un análisis de similaridades (ANOSIM, del inglés *ANalysis Of SIMilarities*) de dos factores anidados (estación del año anidada en estuario), tratando los tramos estuáricos como réplicas (Clarke y Warwick, 2001). En el caso de ausencia de diferencias significativas entre estaciones del año, se estimó la composición promedio, por estuario, de las comunidades demersales. De esta manera, se obtuvo una única muestra virtual de la fauna demersal por estuario, de modo que se pudiera relacionar cada una de ellas con los datos abióticos. Con los datos de abundancias promediadas por estuario, previamente transformados, se elaboró una matriz de similaridades de Bray-Curtis, que se tomó como punto de partida para llevar a cabo: (a) un análisis *cluster* con el que elaborar los dendrogramas de ordenación de muestras (estuarios), en función de su similaridad; (b) un MDS con el que proyectar las muestras (estuarios) en un espacio bidimensional manteniendo unas distancias entre ellas proporcionales a su similaridad (Clarke y Warwick, 2001). Además, al análisis *cluster* se le aplicaron tests de permutación de perfil de similaridad (SIMPROF, del inglés *SIMilarity PROFile*) (Clarke y Warwick, 2001). Este método permite discriminar los grupos formados por muestras estadísticamente indistinguibles desde el punto de vista de su composición específica.
 3. A continuación, siguiendo la rutina BIOENV (del inglés, *BIOlogical-ENVironmental*), se llevó a cabo un procedimiento BEST (*Bio-Env+STepwise*) (Clarke y Warwick, 2001), con el fin de seleccionar las variables abióticas con las que se obtendría una ordenación de las muestras (estuarios) lo más coincidente posible con la alcanzada a partir de los datos biológicos. Una vez seleccionadas las variables, se llevó a cabo un análisis LINKTREE (Clarke y Warwick, 2001), con el objeto de determinar qué variables de las seleccionadas a partir del procedimiento BEST explicaban los grupos de estaciones obtenidos en el análisis *cluster* y qué valores de dichas variables correspondían a cada uno de los grupos. Al análisis se le aplicó la rutina SIMPROF para determinar qué divisiones fueron significativas (Clarke y Warwick, 2001).
 4. Por último, se llevó a cabo un análisis SIMPER (del inglés, *SIMilarity PERcentages*) con el fin de identificar las principales especies que explican la similaridad dentro de los grupos de estuarios y las principales especies que explican la disimilaridad entre los grupos de estuarios (Clarke y Warwick, 2001). Todo el tratamiento estadístico descrito se llevó a cabo con el paquete para análisis de datos ecológicos PRIMER 6 (v. 6.1.6) (Clarke y Gorley, 2006).
- ### Clasificación del estado ecológico
- Los índices multimétricos integran la información sobre las comunidades biológicas y el medio mediante el uso de un conjunto de métricas, permitiendo así determinar el nivel de perturbación que soporta un ecosistema (Whitfield y Elliott, 2002). Estos índices facilitan la toma de decisiones en la gestión. Las métricas se eligen según ciertos criterios, que pueden incluir aspectos estadísticos (Drouineau *et al.*, 2012). Existen numerosos índices bióticos para peces; casi todos emplean indicadores similares: presencia/ausencia de especies, especies indicadoras, riqueza de especies, parámetros que reflejan la composición estructural y funcional de la comunidad (p.e., grupos tróficos), etc. (Pérez-Domínguez *et al.*, 2012).
- La metodología empleada para determinar el estado ecológico en el presente trabajo se basa en el método multimétrico denominado **AFI** (AZTI's Fish Index, índice de peces de AZTI) desarrollado por Borja *et al.* (2004a) y modificado por Uriarte y Borja (2009) (Tabla 4).
- El índice AFI valora nueve indicadores: riqueza de especies (nº), abundancia de las especies indicadoras de contaminación (%), abundancia de especies alóctonas (%), salud piscícola (%), abundancia de peces planos (%), composición trófica (% de omnívoros y % piscívoros) y abundancia de especies residentes (nº y %) en el estuario. A cada nivel se le asigna un valor (1, 3, 5) y, una vez sumados, se obtiene una valoración general, entre 9 y 45, que permite obtener la clasificación del estado ecológico (EQR) entre 0 (malo; AFI=9) y 1 (muy bueno; AFI=45). Los límites de clase son: Muy Bueno: EQR $\geq 0,82$ (AFI ≥ 37); Bueno: EQR entre 0,55 y 0,82 (AFI entre 29 y 36); Moderado: EQR entre 0,34 y 0,55 (AFI entre 21 y 28); Deficiente: EQR entre 0,17 y 0,34 (AFI entre 15 y 20); Malo: EQR $< 0,17$ (AFI entre 9 y 14), según valores modificados de Borja *et al.* (2004a) y Uriarte y Borja (2009) y establecidos en el ejercicio de intercalibración de metodologías para la DMA llevado a cabo por los Estados Miembros entre 2005 y 2012.
- En los estuarios muy pequeños el número de especies de peces es muy reducido, por lo que en el caso de la mayoría de los estuarios vascos (masas de agua de Tipo 8 y 9), la valoración del estado ecológico se lleva a cabo teniendo en cuenta también los crustáceos epibentónicos. En las masas de agua de Tipo 10 (estuarios del Nerbioi, Oiartzun y Bidasoa) se tienen en cuenta solo los taxones de peces, ya que, debido al tamaño y características de dichos estuarios, la riqueza de peces es suficiente.
- Una vez calculado el índice AFI, se realizaron análisis mediante regresión lineal múltiple, por el procedimiento de

Tabla 4. Indicadores empleados en el índice multimétrico AFI y valores asignados en cada categoría para cada indicador. La suma de valores establece el estado ecológico de la masa de agua: Muy bueno (39-45), Bueno (31-38), Moderado (24-30), Deficiente (17-23), Malo (9-16). En las masas de agua de Tipología 8 y Tipología 9 se tienen en cuenta los crustáceos (C) y los peces (P); en las masas de agua de Tipología 10 solo los peces (P). Modificado de Borja *et al.* (2004a) y Uriarte y Borja (2009).

Indicador	Valor		
	1	3	5
1.- Riqueza (peces y crustáceos)	≤ 3	4 a 9	>9
2.- Especies indicadoras contaminación (P y C)	> 80	30 - 80	< 30
3.- Especies introducidas (P y C)	> 80	30 - 80	< 30
4.- Salud piscícola (daños, enfermedades...)(% afección)	≥ 50	5 a 49	<5
5.- Presencia de peces planos (%)	<5	5-10 ó >60	> 10 a 60
6.- Composición trófica (% omnívoros)	<1 ó >80	1<2,5 ó 20-80	2,5 a <20
7.- Composición trófica (% piscívoros)	<5 ó >80	5<10 ó 50-80	10 a <50
8.- Número de especies residentes en el estuario (P y C)	<2	2 a 5	>5
9.- Especies residentes (%) (P y C)	<5 ó >50	5<10 ó 40-50	10 a <40

selección de variables *eliminación hacia atrás*, seleccionando AFI como variable dependiente y las variables abióticas como predictores. Dicho procedimiento consiste en empezar con un modelo en el que se incluyen todas las variables propuestas y se van eliminando, sucesivamente, las variables que menos contribuyen al modelo global. Como criterio de eliminación se tiene en cuenta la correlación parcial con la variable dependiente (se elimina la que menor correlación parcial presente en cada paso). Se ha tomado como criterio de exclusión una probabilidad de F de 0,1. El procedimiento termina cuando ya no quedan en la ecuación variables que satisfagan el criterio de exclusión.

Además, todas las variables deben superar el criterio de tolerancia para que puedan ser introducidas en la ecuación. El nivel de tolerancia fue de 0,0001.

Resultados

Datos ambientales

En el Anexo II se presentan las tablas con los valores de temperatura (°C), salinidad (psu), oxígeno disuelto (% saturación) y pH obtenidos en cada uno de los muestreos realizados a lo largo de 2008-2010, tanto en superficie como en fondo.

La Figura 5 muestra una imagen parcial del gráfico de Draftsman elaborado a partir de los datos de índices de presión y morfología, con el fin de valorar cuáles deberían ser transformadas para tratar de obtener una distribución homogénea de los datos.

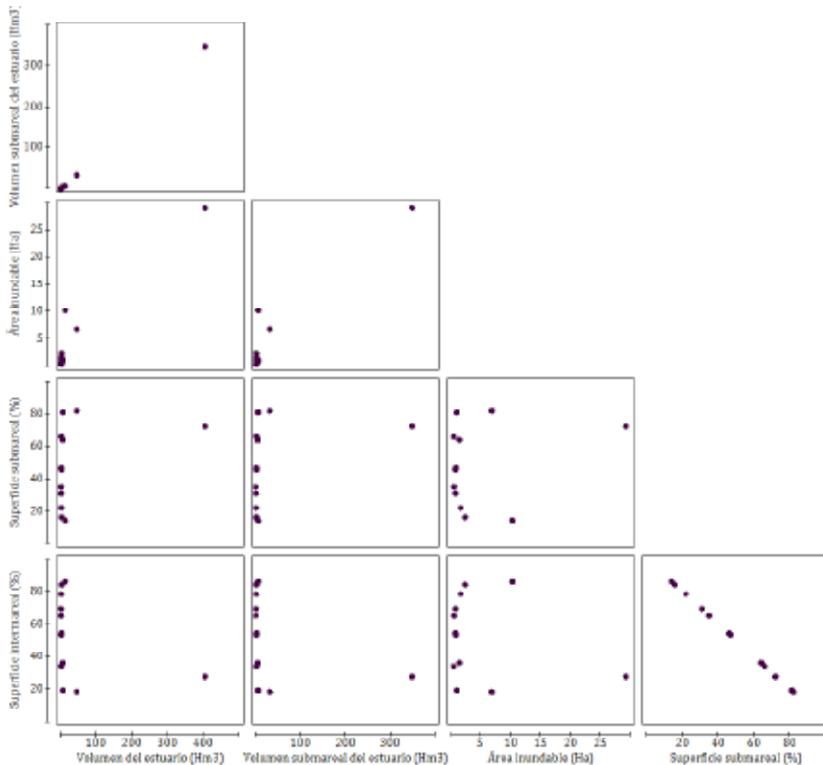


Figura 5. Ejemplo de gráfico de Draftsman elaborado a partir de los datos brutos de las variables de índices de presión y morfología incluidas en el análisis (sólo se muestra una imagen parcial de la matriz completa, que se elaboró incluyendo todas las variables).

Tras normalizar las variables, se procedió a la elaboración de un ACP (Figura 6) y de un MDS (Figura 7) basado en una matriz de similitudes construido a partir de las distancias euclídeas.

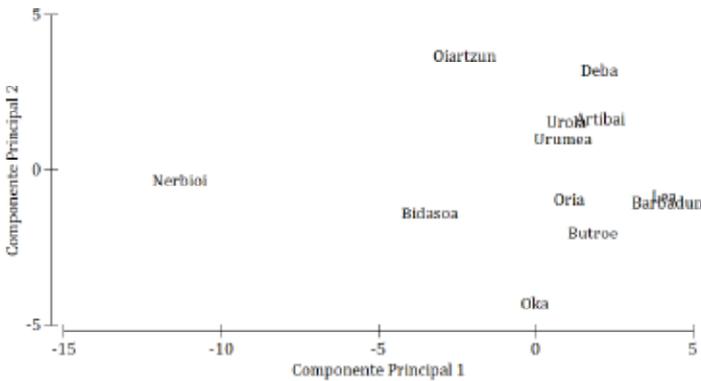


Figura 6. Representación bidimensional del análisis de componentes principales llevado a cabo a partir de las variables de índices de presión y morfología.

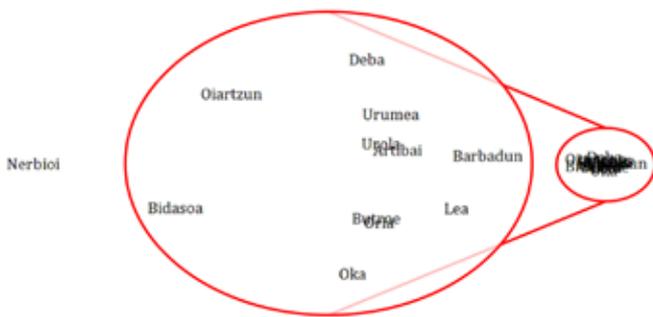


Figura 7. Ordenación MDS de los estuarios analizados, obtenida a partir de la matriz de distancias euclídeas determinadas en base a las variables de índices de presión y morfología. El valor de *stress* indica que la ordenación obtenida es una representación fiel del grado de similitud entre estuarios (Clarke y Warwick, 2001). La zona de la derecha, incluida en una pequeña elipse roja, se ha ampliado para poder observar la similitud dentro de ella.

Ambas representaciones muestran ordenaciones prácticamente idénticas, con el estuario del Nerbioi en un extremo y los estuarios del Barbadun y del Lea en el extremo contrario del eje de abscisas. En el eje de ordenadas, se encontraría el estuario del Oka en un extremo y los estuarios del Deba y del Ouartzun en el otro.

Con respecto al ACP hay que destacar que los dos primeros componentes principales (CP) explican el 67% de la variabilidad entre estuarios (52% el CP 1 y 15% el CP 2). Si se incluye el CP 3, el porcentaje de variabilidad explicada aumenta al 77%. El CP 1 está correlacionado, sobre todo, con las siguientes variables ($r > |0,20|$): volumen del estuario, profundidad media del estuario, establecimientos industriales, índice de presión global, tiempo de residencia, prisma mareal medio, longitud relativa de las canalizaciones en puertos (respecto a la longitud total del estuario), número de presiones, número de puertos, índice de presión total, dragados y número de explotaciones agrícolas en la cuenca. La correlación es negativa en todos los casos. El CP 2, en cambio, correlaciona ($r > |0,25|$) con: número de presiones por kilómetro y por kilómetro cuadrado, índice de contaminación del sedimento, carga de nutrientes e índice de contaminación del agua. La correlación es positiva en todos los casos.

Comunidades demersales

Las Figuras 8 a 10 muestran la riqueza taxonómica en cada estuario y época. En el Anexo III se recogen todas las especies identificadas en estas campañas. La única especie considerada alóctona es el camarón *Palaemon macrodactylus*, detectada en los estuarios del Nerbioi y Ouartzun.

Se observa que en general la riqueza es de 3 a 6 especies tanto de peces como de crustáceos en todos los estuarios. Destacan el Oka, Ouartzun y Bidasoa en peces (con hasta 10 especies), siendo más homogéneo el caso de los crustáceos. Parece que en otoño el número de taxones es superior al resto de estaciones, especialmente en Butroe, Oka, Ouartzun y Bidasoa.

La relación de especies identificadas y sus respectivas abundancias por estación se muestran en las Figuras 11 a 16 y en el Anexo IV.

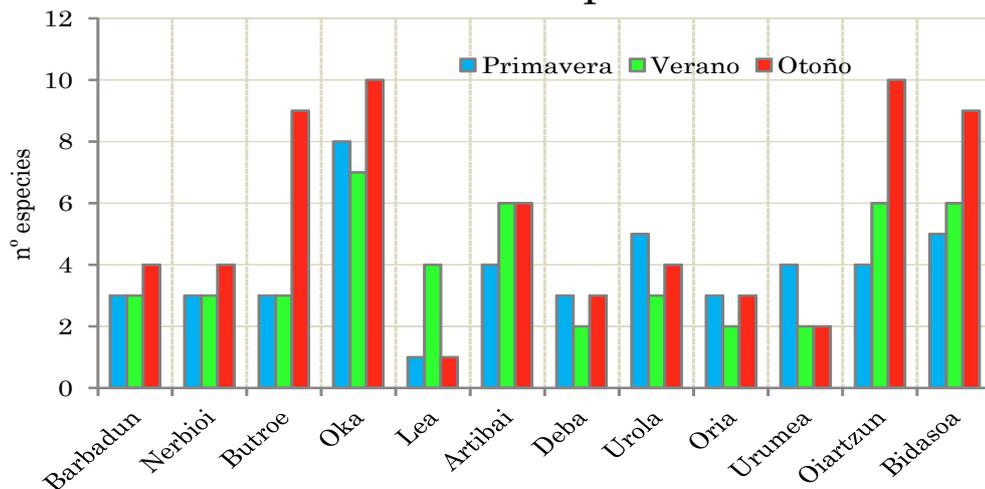


Figura 8. Riqueza taxonómica de peces en cada uno de los estuarios en primavera, verano y otoño.

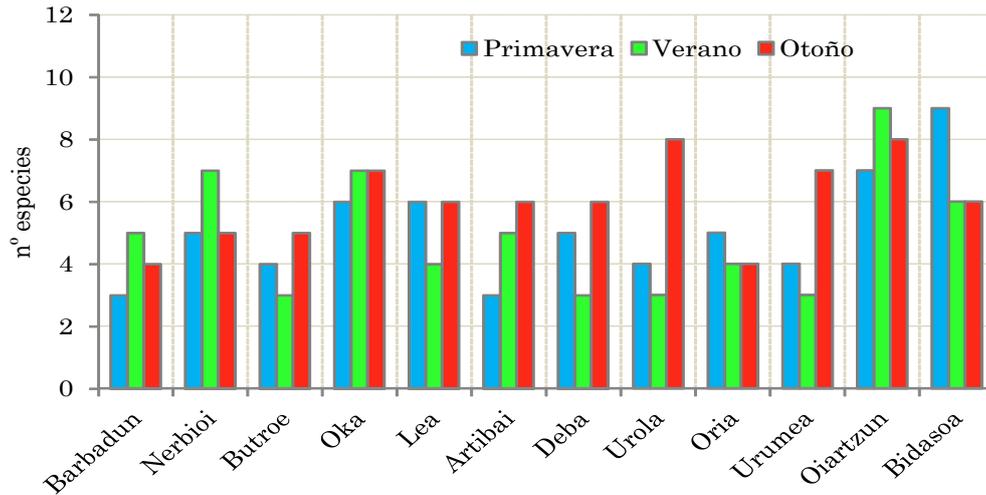


Figura 9. Riqueza taxonómica de crustáceos en cada uno de los estuarios en primavera, verano y otoño.

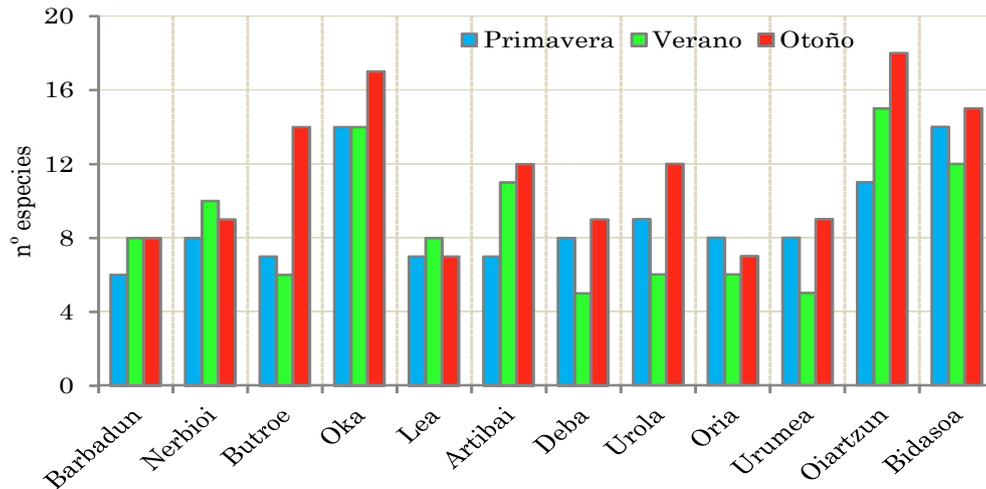


Figura 10. Riqueza taxonómica total de especies demersales en cada uno de los estuarios en primavera, verano y otoño.

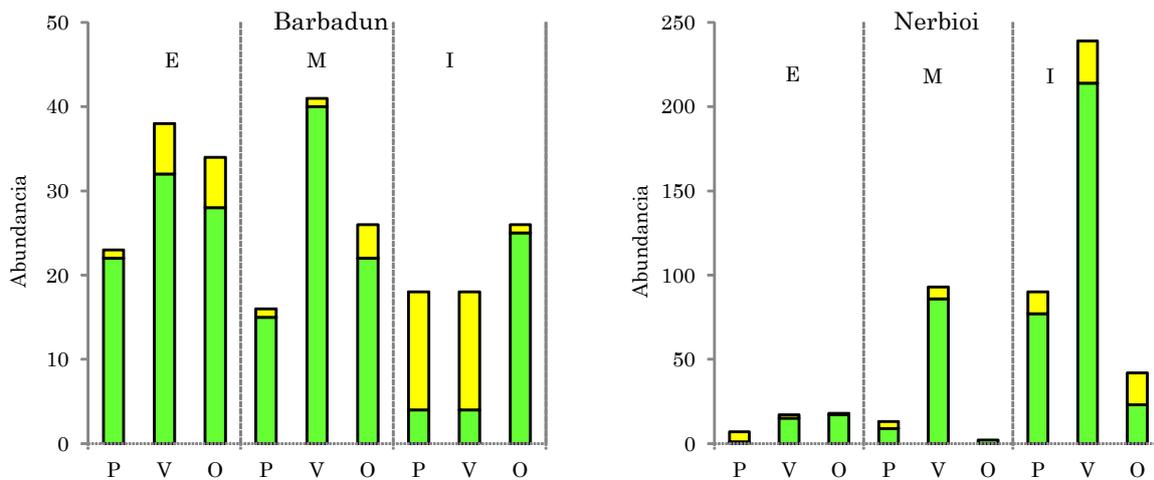


Figura 11. Abundancia (n° de individuos) de peces (color amarillo) y crustáceos (color verde) en las estaciones exterior (E), media (M) e interior (I) de los estuarios del Barbadun y del Nerbioi en primavera (P), verano (V) y otoño (O) de 2008 y 2009, respectivamente.

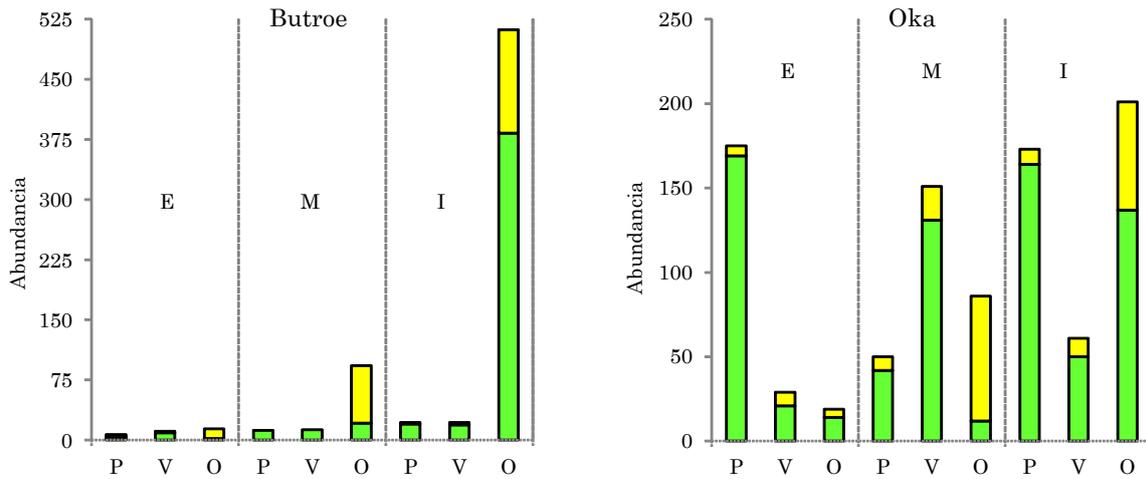


Figura 12. Abundancia (nº de individuos) de peces (color amarillo) y crustáceos (color verde) en las estaciones exterior (E), media (M) e interior (I) de los estuarios del Butroe y del Oka en primavera (P), verano (V) y otoño (O) de 2008.

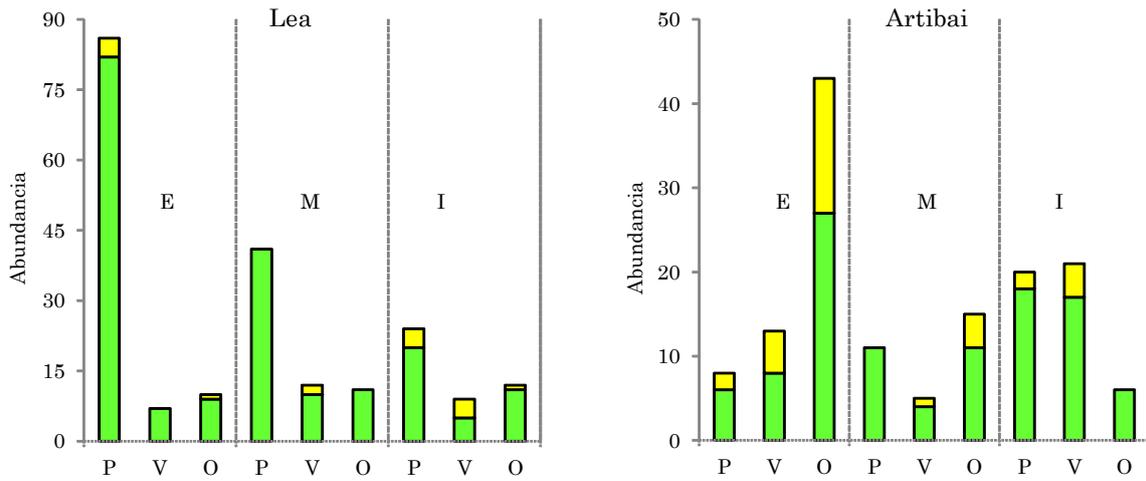


Figura 13. Abundancia (nº de individuos) de peces (color amarillo) y crustáceos (color verde) en las estaciones exterior (E), media (M) e interior (I) de los estuarios del Lea y del Artibai en primavera (P), verano (V) y otoño (O) de 2008.

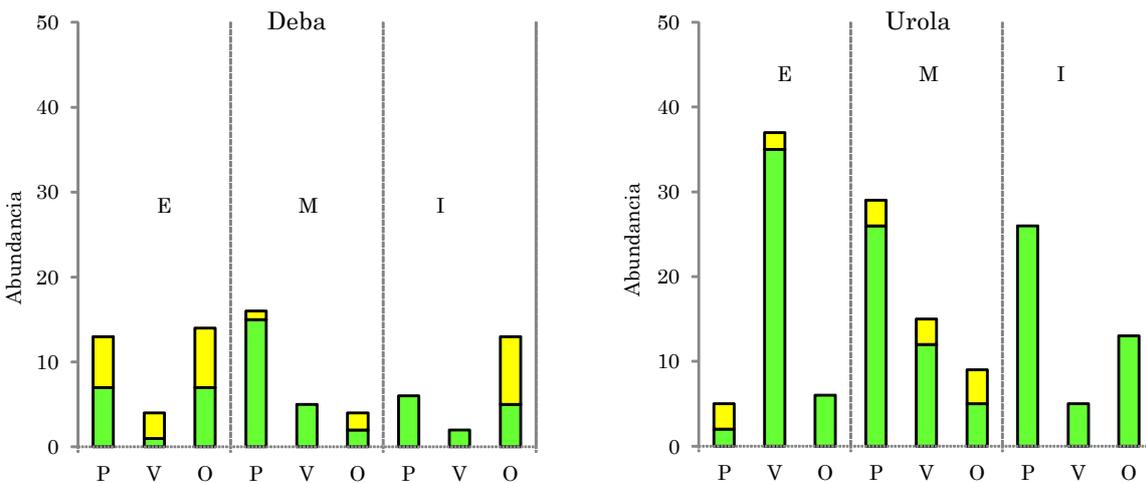


Figura 14. Abundancia (nº de individuos) de peces (color amarillo) y crustáceos (color verde) en las estaciones exterior (E), media (M) e interior (I) de los estuarios del Deba y del Urola en primavera (P), verano (V) y otoño (O) de 2009 y 2010, respectivamente.

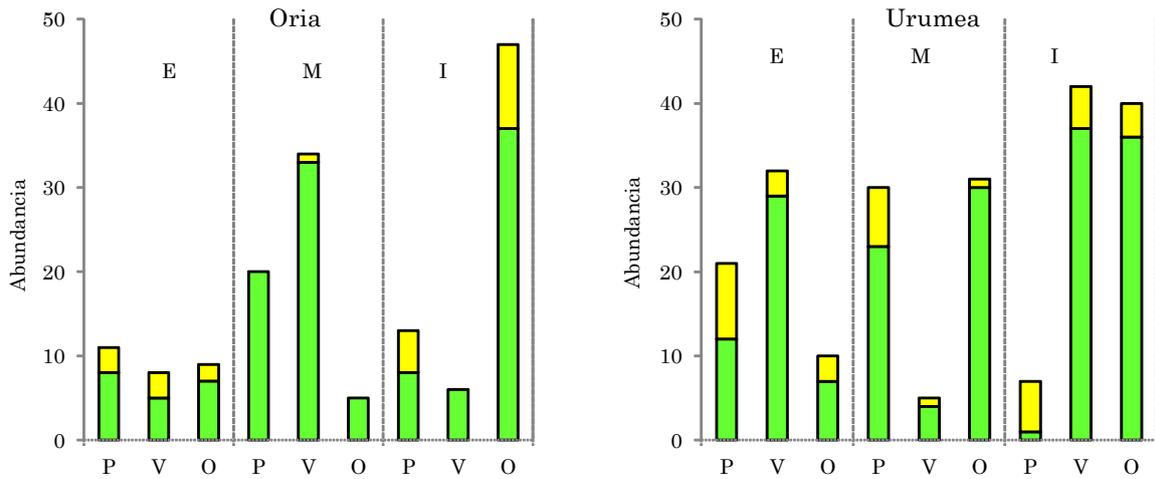


Figura 15. Abundancia (nº de individuos) de peces (color amarillo) y crustáceos (color verde) en las estaciones exterior (E), media (M) e interior (I) de los estuarios del Oria y del Urumea en primavera (P), verano (V) y otoño (O) de 2009 y 2010, respectivamente.

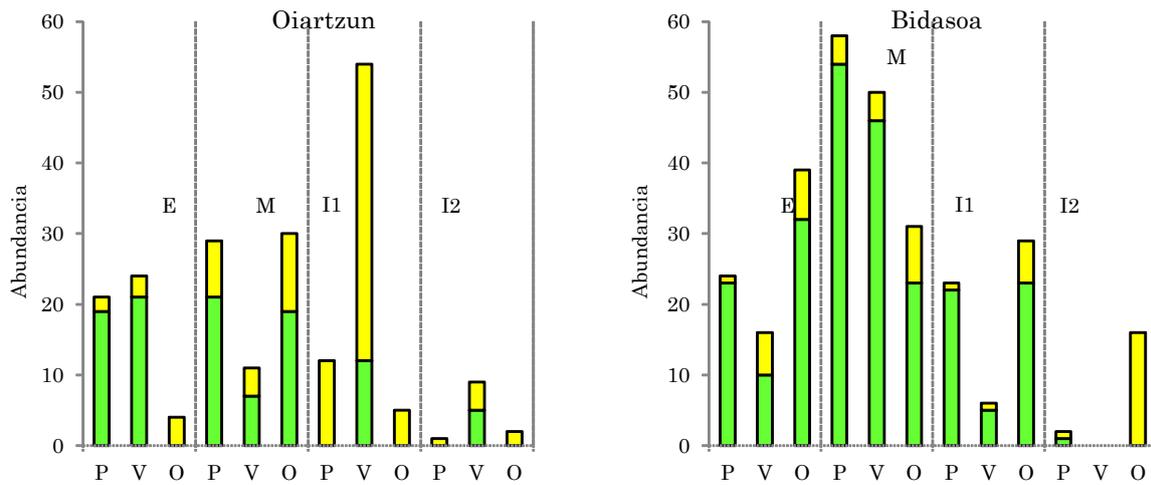


Figura 16. Abundancia (nº de individuos) de peces (color amarillo) y crustáceos (color verde) en las estaciones exterior (E), media (M), interior 1 (I1) e interior 2 (I2) de los estuarios del Oiartzun y del Bidasoa en primavera (P), verano (V) y otoño (O) de 2010.

Ictiofauna

En el Anexo V se muestran los valores de los parámetros estructurales determinados para cada una de las zonas y estaciones del año, en cada estuario.

La riqueza específica (número de especies) de peces fue, en general, baja, con un máximo de 9 especies identificadas en el tramo medio del estuario del Butroe (en otoño). En promedio, se identificaron unas 2 especies por muestra.

Los valores de abundancia total de peces presentan una importante variabilidad, desde varias muestras en las que no se llegó a identificar ningún ejemplar hasta una muestra en la que, por el contrario, se llegaron a identificar hasta 129 individuos (tramo interior del estuario del Butroe, en la campaña de otoño). En cualquier caso, en general, la abundancia total fue baja, con un promedio de 8 individuos contabilizados por muestra.

Los valores de diversidad de Shannon se encuentran entre 0

bit·ind⁻¹ en varias de las muestras y 2,58 bit·ind⁻¹ en la muestra tomada en la campaña de verano en el tramo exterior del estuario del Bidasoa. En promedio, se obtuvo una diversidad de 0,68 bit·ind⁻¹ por muestra.

Con respecto a los valores del índice de equitabilidad de Pielou, éstos se distribuyen por todo el rango de valores posibles (0-1). En promedio, se alcanza un valor de equitabilidad de 0,46.

En resumen, las comunidades demersales de ictiofauna fueron relativamente pobres, tanto en abundancia como en composición específica, y presentaron un cierto grado de dominancia de alguna de las especies identificadas sobre el resto. Por otro lado, la alta variabilidad detectada para todos los parámetros estimados imposibilitó la determinación de patrones comunes para los estuarios, entre tramos y/o épocas del año.

La ordenación de las muestras basada en la composición específica se llevó a cabo tanto por medio de análisis *cluster* como por medio de MDS, basados en matrices de similaridad de Bray-Curtis. Tal y como ocurría con los análisis llevados a cabo a nivel de parámetros estructurales, tampoco la ordenación obtenida en función de la composición específica por muestra presentó patrones de agrupación que pudieran estar más o menos claramente relacionados con los factores estación del año ni tramo del estuario.

Además, se llevaron a cabo dos ANOSIM de dos factores anidados. Para el primero de ellos, se tomaron las diferentes estaciones del año como réplicas y se anidó el factor tramo del estuario en el factor estuario; para el segundo, se tomaron los diferentes tramos de los estuarios como réplicas, y se anidó el factor estación del año en el factor estuario.

En ambos casos, los resultados muestran que existen diferencias significativas entre estuarios ($R=0,181$, con el factor estación del año anidado en el factor estuario, y $R=0,315$, con el factor tramo del estuario anidado en el factor estuario; $p=0,001$ en ambos casos), pero no entre estaciones del año ($R=0,007$; $p=0,360$), ni entre tramos dentro de cada estuario ($R=0,015$; $p=0,672$).

Teniendo en cuenta estos resultados se decidió obviar los factores estación del año y tramo del estuario, tomándolos como pseudo-réplicas para obtener una muestra *virtual* por cada estuario, con la composición específica promediada a partir de los datos de abundancia de cada estación del año y tramo del estuario (Anexo IV).

Con las abundancias promedio transformadas se llevó a cabo un análisis *cluster* a partir de la matriz de índices de similaridad de Bray-Curtis. Los resultados se representaron en un dendrograma (Figura 17) y en un MDS (Figura 18).

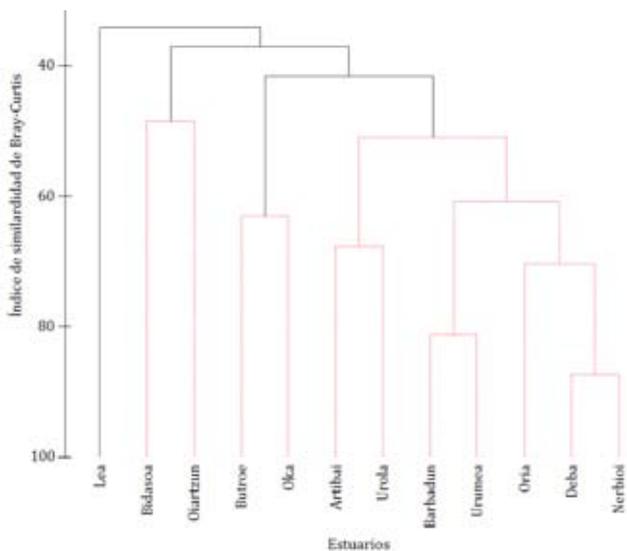


Figura 17. Dendrograma de ordenación de los estuarios analizados, obtenido a partir del análisis *cluster* aplicado a las muestras *virtuales* obtenidas tras promediar los datos de densidad de peces de las muestras individuales (obviando los factores estación del año y tramo del estuario). En rojo se indican aquellas agrupaciones formadas por estuarios estadísticamente indistinguibles desde el punto de vista de su composición específica.



Figura 18. Ordenación MDS de los estuarios analizados, obtenida a partir de la matriz de índices de similaridad de Bray-Curtis entre las muestras *virtuales* obtenidas tras promediar los datos de abundancias de peces de las muestras individuales (obviando los factores estación del año y tramo del estuario). El valor de *stress* indica que la representación obtenida refleja, a grandes rasgos, el nivel de similaridad entre estuarios. Los cuatro tipos de puntos (círculos negros y blancos, y cuadrados negros y blancos) reflejan los grupos obtenidos en el dendrograma de la Figura 17.

Al dendrograma se le aplicó el método SIMPROF, obteniéndose tres grupos de estuarios: (1) Oiartzun y Bidasoa; (2) Butroe y Oka; y (3) Barbadun, Nerbioi, Artibai, Deba, Urola, Oria y Urumea; quedando el estuario del Lea fuera de estas agrupaciones. La representación 2D obtenida del MDS también permite discriminar estos tres grupos (Figura 18).

El análisis SIMPER llevado a cabo para determinar las especies que justifican tanto la similaridad entre estuarios dentro de cada uno de los grupos determinados por el método SIMPROF, como la disimilaridad entre dichos grupos, parece indicar que todos los estuarios presentan una composición similar de especies y que las mayores diferencias vienen marcadas por las distintas abundancias.

Así, el grupo formado por los estuarios del Oiartzun y del Bidasoa (grupo 1) queda definido por los taxones *Pomatoschistus* sp., *Gobius niger* y *Scorpaena porcus* (Tabla 5), que contribuyen, en conjunto, a más del 50% de la similaridad entre ambos estuarios (48,5). Por otro lado, el grupo formado por los estuarios del Butroe y del Oka (grupo 2) queda definido por los taxones *Diplodus sargus*, *Pomatoschistus* sp., *Solea solea* y *Diplodus annularis* (Tabla 5), que contribuyen a más del 50% de la similaridad entre ambos estuarios (63,0). Por último, el grupo formado por el resto de los estuarios analizados (grupo 3), salvo el del Lea, queda definido por el género *Pomatoschistus* sp. y la especie *Solea solea* (Tabla 5), que también contribuyen a más del 50% de la similaridad entre los estuarios incluidos en el grupo (59,6).

Tabla 5. Principales taxones que contribuyen a la similaridad en los grupos determinados por el método SIMPROF en el análisis *cluster* llevado a cabo con los datos agregados a nivel de estuario. Grupo 1: estuarios del Oiartzun y del Bidasoa; Grupo 2: estuarios del Butroe y del Oka; Grupo 3: Barbadun, Nerbioi, Artibai, Deba, Urola, Oria y Urumea; Cont.: contribución de cada una de las especies a la similaridad entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Similaridad	Especies	Cont. (%)	Acum. (%)
Grupo 1 48,50	<i>Pomatoschistus sp.</i>	28,8	28,8
	<i>Gobius niger</i>	19,6	48,4
	<i>Scorpaena porcus</i>	14,6	63,0
	<i>Buglossidium luteum</i>	12,5	75,5
Grupo 2 63,02	<i>Diplodus sargus</i>	20,9	20,9
	<i>Pomatoschistus sp.</i>	15,2	36,1
	<i>Solea solea</i>	13,9	49,9
	<i>Diplodus annularis</i>	12,5	62,5
	<i>Gobius niger</i>	12,0	74,5
	Mugilidae	9,5	84,0
Grupo 3 59,63	<i>Pomatoschistus sp.</i>	41,3	41,3
	<i>Solea solea</i>	30,2	71,5
	<i>Platichthys flesus</i>	18,4	89,8

En cuanto a los principales taxones que justifican la discriminación entre grupos de estuarios destacan: *D. sargus*, *D. annularis*, la familia Mugilidae, *Engraulis encrasicolus* y *S. porcus* (Tabla 6), que suponen más del 35% de la disimilaridad entre los grupos 1 y 2 (65,8), por ser exclusivos del grupo 2 (salvo *S. porcus*, que sólo se encontró en los estuarios del grupo 1); *Scorpaena porcus*, *Buglossidium luteum*, *Gobius niger*, *Platichthys flesus* y *Callionymus lyra* (Tabla 6), que suponen más del 35% de la disimilaridad entre los grupos 1 y 3 (62,2), por su mayor abundancia en el grupo 1 (de hecho, no se identificó ningún individuo de *S. Scorpaena porcus*, ni de *B. Buglossidium luteum* en los estuarios del grupo 3), salvo *P. flesus*, más abundante en el grupo 3; *Anguilla anguilla*, *Syngnathus typhle*, *Scorpaena porcus*, *Solea solea* y *Buglossidium luteum* (Tabla 6), que suponen más del 35% de la disimilaridad entre el grupo 1 y el estuario del Lea (72,8), debido a que las dos primeras especies son exclusivas del estuario del Lea, mientras que las tres últimas sólo se han identificado en los estuarios del grupo 1; *Diplodus sargus*, *Diplodus annularis* y los mugílidos (Tabla 6), que suponen más del 35% de la disimilaridad entre los grupos 2 y 3 (58,3), debido a su mayor abundancia en los estuarios del grupo 2 (de hecho, no se han identificado mugílidos en los estuarios del grupo 3); *Diplodus sargus*, *Diplodus annularis* y *Solea solea* (Tabla 6), que suponen más del 35% de la disimilaridad entre el grupo 2 y el estuario del Lea (72,8), debido a que sólo se han encontrado en los estuarios incluidos en el grupo 2; *Solea solea*, *Platichthys flesus* y *Syngnathus typhle* (Tabla 6),

que suponen más del 35% de la disimilaridad entre el grupo 3 y el estuario del Lea (61,9), por haberse encontrado las dos primeras especies únicamente en los estuarios del grupo 3, mientras que *Syngnathus typhle* es más abundante en el estuario del Lea.

El procedimiento BEST puso de relieve que las variables abióticas que mejor explican la ordenación obtenida a partir de los datos bióticos ($\rho=0,476$; $p=0,004$) son: índice de contaminación del agua, porcentaje de superficie submareal, tiempo de flujo y área de drenaje. De entre dichas variables, el índice de contaminación del agua es la que mejor explica la ordenación ($\rho=0,439$; $p=0,007$), presentando el resto coeficientes de correlación mucho más bajos y no significativos ($\rho<0,2$; $p<0,10$).

Una vez seleccionadas las cuatro variables que mejor explican la ordenación de los estuarios, se procedió a elaborar un análisis LINKTREE con el que caracterizarlos. Los resultados indican la existencia de tres tipos de estuarios (Figura 19): (1) Lea y Oiartzun; (2) Oka; y (3) resto de estuarios. Los estuarios del Lea y del Oiartzun presentan una cuenca de drenaje pequeña (99 km² y 86 km², respectivamente; frente a >104 km² para el resto de estuarios). Del resto de estuarios, el del Oka se segrega por presentar un tiempo de flujo que prácticamente dobla el del resto de estuarios (149 horas, frente a ≤ 78) y una superficie submareal relativa menor (14%, frente a $\geq 16\%$).

Tomando como base estos tres tipos de estuario, se procedió a un nuevo análisis SIMPER para determinar las comunidades de peces demersales que caracterizan cada uno de los tipos. Los resultados muestran que los estuarios del Lea y del Oiartzun presentan una similaridad relativamente baja (27,3), a la que contribuyen *Pomatoschistus sp.* (56%) y *G. niger* (44%) (Tabla 7). Por otro lado, el resto de estuarios, salvo el del Oka, presentan una similaridad moderada (52,8) a la que *Pomatoschistus sp.* (39%) y *Solea solea* (28%) contribuyen en más de un 50% (Tabla 7). En cuanto a la disimilaridad entre tipos de estuario, *Diplodus sargus*, *Diplodus annularis*, *Echiichthys vipera*, *Solea solea* y los mugílidos (Tabla 8) contribuyen en más del 35% a la disimilaridad entre el estuario del Oka y los del Lea y Oiartzun (68,3) por su mayor abundancia en el primero (de hecho, de entre las especies indicadas, sólo *Solea solea* se ha encontrado en los otros dos estuarios). Por otro lado, *Diplodus sargus*, Mugilidae, *Diplodus annularis* y *Echiichthys vipera* (Tabla 8) contribuyen en más del 35% a la disimilaridad entre el estuario del Oka y los estuarios del tipo 3 (57,2), por su mayor abundancia en el primero. Por último, *Platichthys flesus*, *Solea solea*, *Gobius niger*, *Syngnathus typhle* y *Anguilla anguilla* (Tabla 8) contribuyen también en más de un 35% a la disimilaridad entre los estuarios de los tipos 1 y 3 (66,0), por su mayor abundancia en los estuarios del tipo 1 (salvo *Platichthys flesus* y *Solea solea*, más abundantes en los estuarios del tipo 3).

Tabla 6. Principales taxones que contribuyen a la disimilaridad entre los grupos determinados por el método SIMPROF en el análisis *cluster* llevado a cabo con los datos agregados a nivel de estuario. Grupo 1: estuarios del Oiartzun y del Bidasoa; Grupo 2: estuarios del Butroe y del Oka; Grupo 3: Barbadun, Nerbioi, Lea, Artibai, Deba, Urola, Oria y Urumea; Cont.: contribución de cada una de las especies a la disimilaridad entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Disimilaridad	Especies	Abundancia media (ind ^{1/4})				Cont. (%)	Acum. (%)
		Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Lea		
Grupos 1/2 65,82	<i>Diplodus sargus</i>	0,00	1,74	-	-	13,0	13,0
	<i>Diplodus annularis</i>	0,00	1,09	-	-	8,2	21,2
	Mugilidae	0,00	0,77	-	-	5,7	27,0
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	0,00	0,65	-	-	5,1	32,1
	<i>Scorpaena porcus</i>	0,68	0,00	-	-	5,1	37,2
Grupos 1/3 62,19	<i>Scorpaena porcus</i>	0,68	-	0,00	-	8,3	8,3
	<i>Buglossidium luteum</i>	0,59	-	0,00	-	7,2	15,5
	<i>Gobius niger</i>	0,92	-	0,37	-	7,1	22,6
	<i>Platichthys flesus</i>	0,33	-	0,76	-	6,6	29,2
	<i>Callionymus lyra</i>	0,54	-	0,08	-	5,8	35,1
Grupo 1/Lea 72,79	<i>Anguilla anguilla</i>	0,00	-	-	0,69	7,4	7,4
	<i>Syngnathus typhle</i>	0,00	-	-	0,69	7,4	14,8
	<i>Scorpaena porcus</i>	0,68	-	-	0,00	7,4	22,2
	<i>Solea solea</i>	0,63	-	-	0,00	6,8	29,0
	<i>Buglossidium luteum</i>	0,59	-	-	0,00	6,4	35,4
	<i>Coris julis</i>	0,00	-	-	0,58	6,2	41,6
	<i>Callionymus lyra</i>	0,54	-	-	0,00	5,9	47,5
Grupos 2/3 58,34	<i>Diplodus sargus</i>	-	1,74	0,26	-	16,8	16,8
	<i>Diplodus annularis</i>	-	1,09	0,08	-	11,5	28,2
	Mugilidae	-	0,77	0,00	-	8,5	36,7
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	-	0,65	0,00	-	7,8	44,5
	<i>Gobius niger</i>	-	0,95	0,37	-	6,6	51,1
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	0,58	0,00	-	6,4	57,4
Grupo 2/Lea 72,75	<i>Diplodus sargus</i>	-	1,74	-	0,00	16,1	16,1
	<i>Diplodus annularis</i>	-	1,09	-	0,00	10,1	26,2
	<i>Solea solea</i>	-	1,06	-	0,00	9,6	35,8
	Mugilidae	-	0,77	-	0,00	7,0	42,8
	<i>Platichthys flesus</i>	-	0,74	-	0,00	6,9	49,7
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	-	0,65	-	0,00	6,4	56,2
	<i>Anguilla anguilla</i>	-	0,00	-	0,69	6,3	62,4
	<i>Coris julis</i>	-	0,00	-	0,58	5,3	67,7
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	0,58	-	0,00	5,3	73,0
Grupo 3/Lea 61,93	<i>Solea solea</i>	-	-	0,85	0,00	18,1	18,1
	<i>Platichthys flesus</i>	-	-	0,76	0,00	15,2	33,3
	<i>Syngnathus typhle</i>	-	-	0,08	0,69	13,2	46,4
	<i>Coris julis</i>	-	-	0,00	0,58	12,1	58,5
	<i>Anguilla anguilla</i>	-	-	0,20	0,69	11,2	69,7
	<i>Gobius niger</i>	-	-	0,37	0,76	9,7	79,5

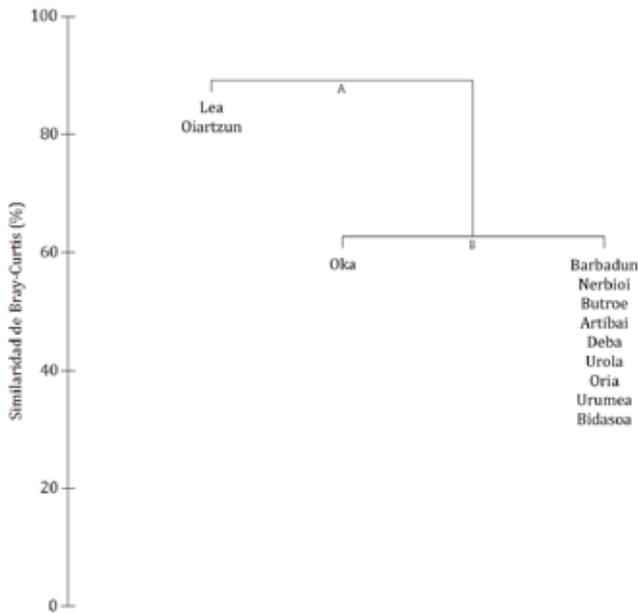


Figura 19. Dendrograma obtenido del análisis LINKTREE llevado a cabo con la matriz de similitudes de Bray-Curtis elaborada a partir de los datos bióticos y con las variables abióticas seleccionadas a partir del análisis BEST. Se aplicó la rutina SIMPROF, que limita el número de divisiones a aquéllas que resulten significativas.

Tabla 7. Principales taxones que contribuyen a la similitud en los grupos determinados por el análisis LINKTREE, llevado a cabo a partir de los datos biológicos agregados a nivel de estuario y de los datos abióticos. Tipo 1: estuarios del Lea y del Oiartzun; Tipo 3: estuarios del Barbadun, Nerbioi, Butroe, Artibai, Deba, Urola, Oria, Urumea y Bidasoa; Cont.: contribución de cada una de las especies a la similitud entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Similitud	Especies	Cont. (%)	Acum. (%)
Tipo 1 27,33	<i>Pomatoschistus</i> sp.	56,1	56,1
	<i>Gobius niger</i>	43,9	100,0
Tipo 3 52,77	<i>Pomatoschistus</i> sp.	39,1	39,1
	<i>Solea solea</i>	28,3	67,4
	<i>Platichthys flesus</i>	18,6	86,0

Análisis conjunto de ictiofauna y crustáceos

En el Anexo VI se muestran los valores de los parámetros estructurales determinados para cada una de las zonas y estaciones del año, en cada estuario.

La riqueza específica conjunta (número de taxones de peces y crustáceos) fue, en general baja, con un máximo de 14 taxones identificados en el tramo medio del estuario del Oiartzun en la campaña de otoño. En promedio, se identificaron 5 taxones por muestra.

Los valores de abundancia total presentan una importante

variabilidad, desde varias muestras en las que se identificaron tan sólo uno o dos ejemplares hasta una muestra en la que, por el contrario, se llegaron a identificar hasta 512 individuos (tramo interior del estuario del Butroe, en la campaña de otoño). En cualquier caso, en general, la abundancia total fue relativamente baja, con un promedio de 34 individuos por muestra.

Los valores de diversidad de Shannon se encuentran entre 0 bit·ind⁻¹ en varias de las muestras y 3,49 bit·ind⁻¹ en la muestra tomada en la campaña de otoño en el tramo medio del estuario del Oiartzun. En promedio, probablemente debido a las bajas riquezas, se determinó una diversidad moderadamente baja, de 1,58 bit·ind⁻¹ por muestra.

Por último, en lo referido a los valores del índice de equitabilidad de Pielou, éstos se distribuyen por todo el rango de valores posibles (0-1). En promedio, se alcanza un valor de equitabilidad de 0,72, que puede considerarse relativamente alto. Esto se debe a que los ejemplares identificados presentan un reparto más o menos homogéneo entre los taxones.

En resumen, las comunidades demersales (incluyendo crustáceos e ictiofauna) son relativamente pobres, tanto en abundancia como en composición específica y, en general, presentan un reparto bastante equitativo de los ejemplares capturados entre las especies identificadas. Por otro lado, la alta variabilidad detectada para todos los parámetros estimados imposibilitó la determinación de patrones comunes para los estuarios, entre tramos y/o épocas del año.

Tal y como ocurría con los análisis de los parámetros estructurales, tampoco la ordenación obtenida en base a la composición específica por muestra presentó patrones de agrupación que pudieran estar más o menos claramente relacionados con los factores estación del año ni tramo del estuario.

Además, se llevaron a cabo dos ANOSIM de dos factores anidados. Para el primero de ellos, se tomaron las diferentes estaciones del año como réplicas y se anidó el factor tramo del estuario en el factor estuario; para el segundo, se tomaron los diferentes tramos de los estuarios como réplicas, y se anidó el factor estación del año en el factor estuario.

En ambos casos, los resultados muestran que existen diferencias significativas entre estuarios (R=0,275, con el factor estación del año anidado en el factor estuario, y R=0,340, con el factor tramo del estuario anidado en el factor estuario; p=0,001 en ambos casos), pero no entre estaciones del año (R=-0,003; p=0,501), ni entre tramos dentro de cada estuario (R=0,035; p=0,126).

Teniendo en cuenta estos resultados se decidió obviar los factores estación del año y tramo del estuario, tomándolos como réplicas para obtener una muestra *virtual* por cada estuario, con la composición específica promediada a partir de los datos de abundancia de cada estación del año y tramo del estuario (Anexo IV).

Las abundancias promedio fueron también transformadas aplicándoseles doble raíz cuadrada y se llevó a cabo un análisis *cluster* a partir de la matriz de índices de similitud de Bray-

Tabla 8. Principales taxones que contribuyen a la disimilitud entre los tipos de estuario determinados por el análisis LINKTREE, llevado a cabo a partir de los datos biológicos agregados a nivel de estuario y de los datos abióticos. Tipo 1: estuarios del Lea y del Oiartzun; Tipo 2: estuario del Oka; Tipo 3: Barbadun, Nerbioi, Butroe, Artibai, Deba, Urola, Oria, Urumea y Bidasoa; Cont.: contribución de cada una de las especies a la disimilitud entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Disimilitud	Especies	Abundancia media			Cont. (%)	Acum. (%)
		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3		
Tipos 1/2 68,28	<i>Diplodus sargus</i>	0,00	1,50	-	11,9	11,9
	<i>Diplodus annularis</i>	0,00	0,90	-	7,1	19,0
	<i>Echiichthys vipera</i>	0,00	0,90	-	7,1	26,1
	<i>Solea solea</i>	0,27	1,12	-	7,0	33,1
	Mugilidae	0,00	0,86	-	6,8	39,9
	<i>Hippocampus hippocampus</i>	0,00	0,69	-	5,4	45,3
	<i>Pegusa lascaris</i>	0,00	0,69	-	5,4	50,7
	<i>Pomatoschistus</i> sp.	1,26	1,86	-	5,0	55,7
Tipos 1/3 65,97	<i>Platichthys flesus</i>	0,00	-	0,76	10,5	10,5
	<i>Solea solea</i>	0,27	-	0,85	9,4	20,0
	<i>Gobius niger</i>	0,87	-	0,48	6,7	26,6
	<i>Syngnathus typhle</i>	0,34	-	0,06	6,0	32,6
	<i>Anguilla anguilla</i>	0,34	-	0,15	5,7	38,3
	<i>Coris julis</i>	0,29	-	0,00	5,1	43,5
Tipos 2/3 57,20	<i>Diplodus sargus</i>	-	1,50	0,42	12,0	12,0
	Mugilidae	-	0,86	0,08	7,9	19,9
	<i>Diplodus annularis</i>	-	0,90	0,21	7,9	27,8
	<i>Echiichthys vipera</i>	-	0,90	0,14	7,4	35,2
	<i>Pomatoschistus</i> sp.	-	1,86	1,13	7,1	42,3
	<i>Syngnathus typhle</i>	-	0,76	0,06	6,9	49,2
	<i>Pegusa lascaris</i>	-	0,69	0,00	6,8	56,0
	<i>Hippocampus hippocampus</i>	-	0,69	0,07	6,2	62,2
	<i>Gobius niger</i>	-	1,03	0,48	5,8	68,0
	<i>Lithognathus mormyrus</i>	-	0,58	0,00	5,7	73,7
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	-	0,58	0,06	5,2	78,8
<i>Buglossidium luteum</i>	-	0,58	0,06	5,2	84,0	

Curtis. Los resultados se representaron en un dendrograma (Figura 20) y en un MDS (Figura 21).

Al dendrograma se le aplicó el método SIMPROF, para ver qué grupos de estuarios son estadísticamente indistinguibles desde el punto de vista de su composición específica. De este modo, se obtuvieron dos grupos de estuarios: (1) Butroe y Oka; y (2) Barbadun, Nerbioi, Artibai, Deba, Urola, Oria,

Urumea y Bidasoa; quedando el estuario del Lea y del Oiartzun desagrupados. La representación 2D obtenida del MDS, también permite discriminar estos dos grupos (Figura 21).

El análisis SIMPER parece indicar que todos los estuarios presentan una composición similar de especies y que las mayores diferencias vienen marcadas por las distintas abundancias.

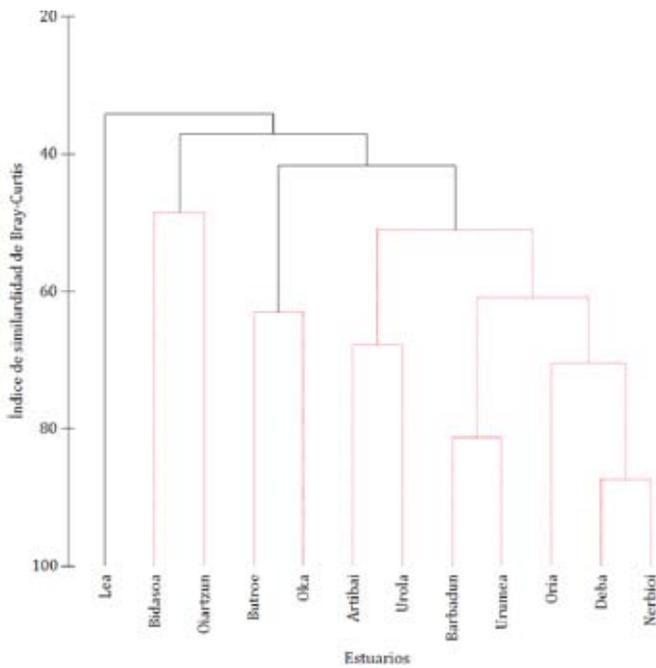


Figura 20. Dendrograma de ordenación de los estuarios analizados, obtenido a partir del análisis *cluster* aplicado a las muestras *virtuales* obtenidas a partir de promediar los datos de las muestras individuales (obviando los factores estación del año y tramo del estuario). En rojo se indican aquellas agrupaciones formadas por estuarios estadísticamente indistinguibles desde el punto de vista de su composición específica.

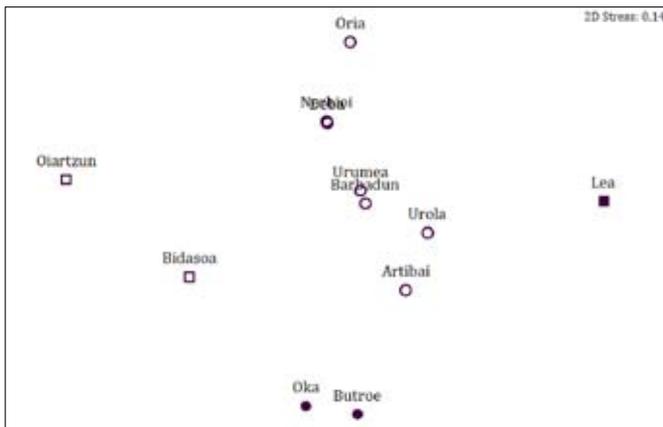


Figura 21. Ordenación MDS de los estuarios analizados, obtenida a partir de la matriz de índices de similitud de Bray-Curtis entre las muestras *virtuales* obtenidas a partir de promediar los datos de las muestras individuales (obviando los factores estación del año y tramo del estuario). El valor de *stress* de la representación indica que la ordenación obtenida es una representación adecuada del grado de similitud entre estuarios. Los cuatro tipos de puntos (círculos negros y blancos, y cuadrados negros y blancos) reflejan los grupos obtenidos en el dendrograma de la Figura 21.

Así, el grupo formado por los estuarios del Butroe y del Oka (grupo 1) queda definido por las especies *Crangon crangon*, *Carcinus maenas*, *Diplodus sargus*, *Palaemon longirostris* y *Palaemon elegans* (Tabla 9), que contribuyen, en conjunto, a más del 50% de la similitud entre ambos estuarios (69,3). Por otro lado, el grupo formado por el resto de los estuarios analizados (grupo 2), salvo los del Lea y del Oiartzun, queda definido por las especies *Carcinus maenas*, *Crangon crangon*, *Pomatoschistus* sp. y *Pachygrapsus marmoratus* (Tabla 9), que también contribuyen a más del 50% de la similitud entre los estuarios incluidos en el grupo (63,4).

En cuanto a las principales especies que justifican la discriminación entre grupos de estuarios destacan: *Diplodus sargus*, *Palaemon elegans*, *Diplodus annularis* y *Crangon crangon* (Tabla 10), que suponen más del 25% de la disimilitud entre los grupos 1 y 2 (46,3), por su mayor abundancia en los estuarios del grupo 1; *Diplodus sargus*, *Crangon crangon* y *Diplodus annularis* (Tabla 10), que suponen más del 25% de la disimilitud entre el grupo 1 y el estuario del Lea (50,2), por su mayor abundancia en el grupo 1 (de entre las especies indicadas, en el estuario del Lea sólo se han identificado ejemplares de *Crangon crangon*); *Diplodus sargus*, *Palaemon longirostris*, *Palaemon elegans*, *Crangon crangon*, *Pachygrapsus marmoratus* y *Diplodus annularis* (Tabla 10), que suponen más del 25% de la disimilitud entre el grupo 1 y el estuario del Oiartzun (69,9), debido a su mayor abundancia en los estuarios del grupo 1 (de hecho, de las especies indicadas, en el estuario del Oiartzun sólo se identificaron ejemplares de *Crangon crangon*); *Palaemon elegans*, *Solea solea*, *Palaemon longirostris* y *Macropodia rostrata* (Tabla 10), que suponen más del 25% de la disimilitud entre el grupo 2 y el estuario del Lea (49,7), por ser el género *Palaemon* más abundante en el estuario del Lea y por ser *Solea solea* y *Macropodia rostrata* especies exclusivas de los estuarios del grupo 2; *Pachygrapsus marmoratus*, *Palaemon longirostris*, *Liocarcinus navigator*, *Platichthys flesus*, *Palaemonetes* sp., *Arnoglossus laterna* y *Arnoglossus thori* (Tabla 10), que suponen más del 25% de la disimilitud entre el grupo 2 y el estuario del Oiartzun (66,1), debido a que las dos primeras especies y *Platichthys flesus* sólo se han encontrado en los estuarios incluidos en el grupo 2, mientras que las otras cuatro sólo se han identificado en el estuario del Oiartzun; *Palaemon longirostris*, *Pachygrapsus marmoratus*, *Macropodia rostrata*, *Palaemon elegans* y *Pisidia longicornis* (Tabla 10), que suponen más del 25% de la disimilitud entre los estuarios del Lea y del Oiartzun (73,3), por haberse encontrado *Palaemon longirostris*, *Pachygrapsus marmoratus* y *Palaemon elegans* únicamente en el estuario del Lea, mientras que el resto se encontraron únicamente en el estuario del Oiartzun.

Tabla 9. Principales taxones que contribuyen a la similaridad en los grupos determinados por el método SIMPROF en el análisis *cluster* llevado a cabo con los datos agregados a nivel de estuario. Grupo 1: estuarios del Butroe y del Oka; Grupo 2: Barbadun, Nerbioi, Artibai, Deba, Urola, Oria, Urumea y Bidasoa; Cont.: contribución de cada una de las especies a la similaridad entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Similaridad	Especies	Cont. (%)	Acum. (%)
Grupo 1 69,28	<i>Crangon crangon</i>	13,5	13,5
	<i>Carcinus maenas</i>	11,1	24,7
	<i>Diplodus sargus</i>	9,7	34,4
	<i>Palaemon longirostris</i>	9,2	43,6
	<i>Palaemon elegans</i>	8,5	52,1
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	7,2	59,3
	<i>Pomatoschistus</i> sp.	7,1	66,4
	<i>Solea solea</i>	6,5	72,9
	<i>Diplodus annularis</i>	5,9	78,7
Grupo 2 63,36	<i>Carcinus maenas</i>	17,8	17,8
	<i>Crangon crangon</i>	13,4	31,2
	<i>Pomatoschistus</i> sp.	12,6	43,8
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	11,3	55,1
	<i>Palaemon longirostris</i>	11,2	66,3
	<i>Solea solea</i>	9,0	75,3

El procedimiento BEST mostró que las variables abióticas que mejor explican la ordenación obtenida a partir de los datos bióticos ($\rho=0,541$; $p=0,007$) son: índice de contaminación del agua, índice de presión total, distancia al talud, tiempo de flujo y área de drenaje. De entre dichas variables, el índice de contaminación del agua es la que mejor explica la ordenación ($\rho=0,421$; $p=0,081$), seguida por el índice de presión total ($\rho=0,397$; $p=0,113$), presentando el resto de variables coeficientes de correlación mucho más bajos ($\rho \leq 0,208$). En este punto, cabe destacar que ninguna de las variables seleccionadas por el procedimiento BEST es capaz de explicar por sí misma la ordenación obtenida a partir de los datos bióticos.

Tras la selección de las cinco variables que mejor explican la ordenación de los estuarios, se procedió a elaborar un análisis LINKTREE con el que caracterizarlos. Los resultados indican la existencia de cuatro tipos de estuarios (Figura 22): (1) Oiartzun; (2) Lea; (3) Oka y Bidasoa; y (4) resto de estuarios. El estuario del Oiartzun es un estuario caracterizado por un índice de contaminación del agua alto (39% de las muestras presentan contaminación; frente al 33% o menos en el resto de estuarios), un índice de presión total también alto (2,9; frente a $\leq 2,8$ en el resto) y una cuenca de drenaje pequeña (86 km²; frente a >99 km² para el resto de estuarios). Del resto de estuarios, el del Lea se segrega por su bajo índice de contaminación del agua (4% de las muestras contaminadas; frente a $\geq 8\%$ en el resto de estuarios), su bajo índice de presión total (0,8; frente a $\geq 0,9$ en el resto de estuarios) y su pequeña cuenca de drenaje (99 km²; frente a >104 km² para el resto). Por último, los estuarios del Oka y del Bidasoa se caracterizan por su proximidad al talud continental (<16 km) en comparación con el resto de los estuarios, incluidos en el tipo 4 (>16 km).

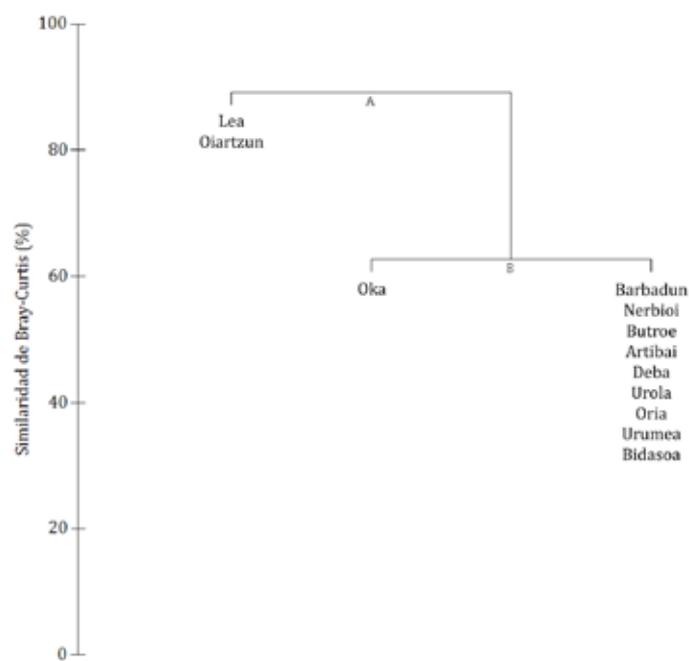


Figura 22. Dendrograma obtenido del análisis LINKTREE llevado a cabo con la matriz de similaridades de Bray-Curtis elaborada a partir de los datos bióticos y con las variables abióticas seleccionadas a partir del análisis BEST. Se aplicó la rutina SIMPROF, que limita el número de divisiones a aquéllas que resulten significativas.

Tomando como base estos cuatro tipos de estuarios, se procedió a un nuevo análisis SIMPER para determinar las comunidades demersales que caracterizan cada uno de los tipos. Los resultados muestran que los estuarios Oka

Tabla 10. Principales taxones que contribuyen a la disimilaridad entre los grupos determinados por el método SIMPROF en el análisis *cluster* llevado a cabo con los datos agregados a nivel de estuario. Grupo 1: estuarios del Butroe y del Oka; Grupo 2: Barbadun, Nerbioi, Artibai, Deba, Urola, Oria, Urumea y Bidasoa; Cont.: contribución de cada una de las especies a la disimilaridad entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Disimilaridad	Especies	Abundancia media				Cont. (%)	Acum. (%)
		Grupo 1	Grupo 2	Lea	Oiartzun		
Grupos 1/2 46,28	<i>Diplodus sargus</i>	1,74	0,23	-	-	9,4	9,4
	<i>Palaemon elegans</i>	1,53	0,33	-	-	7,6	17,0
	<i>Diplodus annularis</i>	1,09	0,07	-	-	6,4	23,4
	<i>Crangon crangon</i>	2,32	1,35	-	-	6,1	29,5
	Mugilidae	0,77	0,00	-	-	4,8	34,3
	<i>Palaemon longirostris</i>	1,66	0,98	-	-	4,3	38,6
Grupo 1/Lea 50,61	<i>Diplodus sargus</i>	1,74	-	0,00	-	10,3	10,3
	<i>Crangon crangon</i>	2,32	-	0,86	-	8,4	18,7
	<i>Diplodus annularis</i>	1,09	-	0,00	-	6,5	25,1
	<i>Solea solea</i>	1,06	-	0,00	-	6,2	31,3
	<i>Palaemon serratus</i>	0,89	-	0,00	-	5,3	36,6
Grupo 1/Oiartzun 69,92	<i>Diplodus sargus</i>	1,74	-	-	0,00	5,8	5,8
	<i>Palaemon longirostris</i>	1,66	-	-	0,00	5,5	11,3
	<i>Palaemon elegans</i>	1,53	-	-	0,00	5,1	16,3
	<i>Crangon crangon</i>	2,32	-	-	1,00	4,3	20,6
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	1,30	-	-	0,00	4,3	24,9
	<i>Diplodus annularis</i>	1,09	-	-	0,00	3,6	28,5
	<i>Pisidia longicornis</i>	0,00	-	-	0,90	3,0	31,5
	Mugilidae	0,77	-	-	0,00	2,5	34,0
	<i>Liocarcinus navigator</i>	0,00	-	-	0,76	2,5	36,5
Grupo 2/Lea 49,73	<i>Palaemon elegans</i>	-	0,33	1,21	-	7,5	7,5
	<i>Solea solea</i>	-	0,84	0,00	-	7,0	14,4
	<i>Palaemon longirostris</i>	-	0,98	1,78	-	6,6	21,0
	<i>Macropodia rostrata</i>	-	0,80	0,00	-	6,5	27,6
	<i>Platichthys flesus</i>	-	0,74	0,00	-	6,2	33,7
	<i>Pilumnus hirtellus</i>	-	0,07	0,69	-	5,3	39,0
Grupo 2/Oiartzun 66,07	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	-	1,07	-	0,00	4,9	4,9
	<i>Palaemon longirostris</i>	-	0,98	-	0,00	4,5	9,5
	<i>Liocarcinus navigator</i>	-	0,00	-	0,76	3,5	13,0
	<i>Platichthys flesus</i>	-	0,74	-	0,00	3,4	16,4
	<i>Palaemonetes</i> sp.	-	0,00	-	0,71	3,3	19,7
	<i>Arnoglossus laterna</i>	-	0,00	-	0,71	3,3	22,9
	<i>Arnoglossus thori</i>	-	0,00	-	0,71	3,3	26,2
	<i>Athanas nitescens</i>	-	0,00	-	0,64	3,0	29,2
	<i>Thorulus cranchii</i>	-	0,00	-	0,64	3,0	32,1
	<i>Buglossidium luteum</i>	-	0,07	-	0,64	2,7	34,8
	<i>Scorpaena porcus</i>	-	0,09	-	0,64	2,7	37,5
Lea/Oiartzun 73,32	<i>Palaemon longirostris</i>	-	-	1,78	0,00	7,4	7,4
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	-	-	1,54	0,00	6,4	13,7
	<i>Macropodia rostrata</i>	-	-	0,00	1,25	5,2	18,9
	<i>Palaemon elegans</i>	-	-	1,21	0,00	5,0	23,9
	<i>Pisidia longicornis</i>	-	-	0,00	0,90	3,7	27,6
	<i>Palaemon serratus</i>	-	-	0,00	0,76	3,1	30,8
	<i>Liocarcinus navigator</i>	-	-	0,00	0,76	3,1	33,9
<i>Palaemonetes</i> sp.	-	-	0,00	0,71	2,9	36,8	

y Bidasoa presentan una similaridad moderada (55,2), a la que contribuyen, en más de un 50%: *Carcinus maenas*, *Pachygrapsus marmoratus*, *Pomatoschistus* sp., *Crangon crangon* y *Palaemon longirostris* (Tabla 11). Por otro lado, el resto de estuarios, salvo los del Lea y del Oiartzun, presentan una similaridad mayor (62,7), a la que *Carcinus maenas*, *Crangon crangon*, *Pomatoschistus* sp. y *Palaemon longirostris* contribuyen en más de un 50% (Tabla 11).

Tabla 11. Principales taxones que contribuyen a la similaridad en los grupos determinados por el análisis LINKTREE, llevado a cabo a partir de los datos biológicos agregados a nivel de estuario y de los datos abióticos. Tipo 3: estuarios del Oka y del Bidasoa; Tipo 4: estuarios del Barbadun, Nerbioi, Butroe, Artibai, Deba, Urola, Oria y Urumea; Cont.: contribución de cada una de las especies a la similaridad entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Similaridad	Especies	Cont. (%)	Acum. (%)
Tipo 3 55,15	<i>Carcinus maenas</i>	14,8	14,8
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	10,6	25,4
	<i>Pomatoschistus</i> sp.	10,1	35,4
	<i>Crangon crangon</i>	9,5	44,9
	<i>Palaemon longirostris</i>	8,6	53,5
	<i>Gobius niger</i>	6,8	60,4
	<i>Macropodia rostrata</i>	6,2	66,5
	<i>Solea solea</i>	5,8	72,3
	<i>Hippocampus hippocampus</i>	5,2	77,5
Tipo 4 62,70	<i>Carcinus maenas</i>	18,0	18,0
	<i>Crangon crangon</i>	14,2	32,2
	<i>Pomatoschistus</i> sp.	12,7	44,9
	<i>Palaemon longirostris</i>	11,4	56,3
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	11,4	67,7
	<i>Solea solea</i>	9,5	77,2

En cuanto a la disimilaridad entre tipos de estuario, *Palaemon longirostris*, *Pachygrapsus marmoratus*, *Macropodia rostrata*, *Palaemon elegans* y *Pisidia longicornis* (Tabla 12) contribuyen en más del 25% a la disimilaridad entre los estuarios del Lea y del Oiartzun (73,3) por haberse encontrado *Palaemon longirostris*, *Pachygrapsus marmoratus* y *Palaemon elegans* únicamente en el estuario del Lea, mientras que el resto se encontraron únicamente en el estuario del Oiartzun. *Crangon crangon*, *Macropodia rostrata*, *Solea solea*, *Palaemon serratus*, *Carcinus maenas* y *Diplodus sargus* (Tabla 12) contribuyen también en más de un 25% a la disimilaridad entre el estuario del Lea y los estuarios del tipo 3 (53,2), por su mayor abundancia en los estuarios del tipo 3 (de entre las especies indicadas, en el estuario del Lea sólo se han identificado ejemplares de *Crangon crangon* y *Carcinus maenas*). Asimismo, *Palaemon elegans*, *Solea solea*, *Platichthys flesus* y *Palaemon longirostris* (Tabla

12) contribuyen en más de un 25% a la disimilaridad entre el estuario del Lea y los estuarios del tipo 4 (49,1), por ser el género *Palaemon* más abundante en el estuario del Lea y los peces *Solea solea* y *Platichthys flesus* exclusivos de los estuarios del tipo 4. Por otro lado, *Pachygrapsus marmoratus*, *Palaemon longirostris*, *Palaemon elegans*, *Crangon crangon*, *Carcinus maenas*, *Liocarcinus navigator* y *Diplodus sargus* (Tabla 12) contribuyen en más del 25% a la disimilaridad entre el estuario del Oiartzun y los estuarios del tipo 3 (60,1), debido a su mayor abundancia en los estuarios del tipo 3 (de hecho, no se han identificado ejemplares de *Pachygrapsus marmoratus*, *Palaemon longirostris* ni *Palaemon elegans* en el Oiartzun), salvo *Liocarcinus navigator*, exclusivo del estuario del Oiartzun. Del mismo modo, *Palaemon longirostris*, *Pachygrapsus marmoratus*, *Platichthys flesus*, *Liocarcinus navigator*, *Palaemonetes* sp., *Arnoglossus laterna* y *Arnoglossus thori* (Tabla 12) contribuyen en más del 25% a la disimilaridad entre el estuario del Oiartzun y los estuarios del tipo 4 (66,1), debido a que las tres primeras especies sólo se han encontrado en los estuarios incluidos en el tipo 4, mientras que las otras cuatro sólo se han identificado en el estuario del Oiartzun. Por último, *Diplodus sargus*, *Crangon crangon*, *Palaemon elegans*, *Hippocampus hippocampus*, *Buglossidium luteum* y *Palaemon serratus* (Tabla 12) contribuyen también en más de un 25% a la disimilaridad entre los estuarios de los tipos 3 y 4 (44,2), por su mayor abundancia en los estuarios del tipo 3 (de hecho, sólo se han identificado ejemplares de *Hippocampus hippocampus* y *Buglossidium luteum* en los estuarios del grupo 3).

Tabla 12. Principales taxones que contribuyen a la disimilaridad entre los tipos de estuario determinados por el análisis LINKTREE, a partir de los datos biológicos agregados a nivel de estuario y de los datos abióticos. Tipo 3: Oka y Bidasoa; Tipo 4: Barbadun, Nerbioi, Butroe, Artibai, Deba, Urola, Oria y Urumea; Cont.: contribución de cada taxón a la disimilaridad entre los estuarios del grupo; Acum.: contribución acumulada.

Disimilaridad	Especies	Abundancia media				Cont. (%)	Acum (%)
		Lea	Oiartzun	Tipo 3	Tipo 4		
Lea/Oiartzun 73,32	<i>Palaemon longirostris</i>	1,78	0,00	-	-	7,4	7,4
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	1,54	0,00	-	-	6,4	13,7
	<i>Macropodia rostrata</i>	0,00	1,25	-	-	5,2	18,9
	<i>Palaemon elegans</i>	1,21	0,00	-	-	5,0	23,9
	<i>Pisidia longicornis</i>	0,00	0,90	-	-	3,7	27,6
	<i>Palaemon serratus</i>	0,00	0,76	-	-	3,1	30,8
	<i>Liocarcinus navigator</i>	0,00	0,76	-	-	3,1	33,9
	<i>Palaemonetes</i> sp.	0,00	0,71	-	-	2,9	36,8
Lea/Tipo 3 53,21	<i>Crangon crangon</i>	0,86	-	1,87	-	5,3	5,3
	<i>Macropodia rostrata</i>	0,00	-	0,97	-	5,3	10,6
	<i>Solea solea</i>	0,00	-	0,92	-	5,0	15,6
	<i>Palaemon serratus</i>	0,00	-	0,80	-	4,4	20,0
	<i>Carcinus maenas</i>	1,33	-	2,06	-	4,0	24,0
	<i>Diplodus sargus</i>	0,00	-	0,75	-	3,9	27,9
	<i>Anguilla anguilla</i>	0,69	-	0,00	-	3,8	31,6
	<i>Hippocampus hippocampus</i>	0,00	-	0,67	-	3,7	35,3
Lea/Tipo 4 49,08	<i>Palaemon elegans</i>	1,21	-	-	0,48	7,5	7,5
	<i>Solea solea</i>	0,00	-	-	0,87	7,3	14,8
	<i>Platichthys flesus</i>	0,00	-	-	0,78	6,5	21,2
	<i>Palaemon longirostris</i>	1,78	-	-	1,08	6,3	27,5
	<i>Macropodia rostrata</i>	0,00	-	-	0,70	6,0	33,5
	<i>Pilumnus hirtellus</i>	0,69	-	-	0,00	5,8	39,3
	<i>Syngnathus typhle</i>	0,69	-	-	0,07	5,2	44,5
	Oiartzun/Tipo 3 60,10	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	-	0,00	1,41	-	5,3
<i>Palaemon longirostris</i>		-	0,00	1,25	-	4,7	10,0
<i>Palaemon elegans</i>		-	0,00	0,93	-	3,5	13,5
<i>Crangon crangon</i>		-	1,00	1,87	-	3,2	16,6
<i>Carcinus maenas</i>		-	1,27	2,06	-	3,0	19,6
<i>Liocarcinus navigator</i>		-	0,76	0,00	-	2,9	22,5
<i>Diplodus sargus</i>		-	0,00	0,75	-	2,7	25,2
<i>Palaemonetes</i> sp.		-	0,71	0,00	-	2,7	27,9
<i>Arnoglossus laterna</i>		-	0,71	0,00	-	2,7	30,6
<i>Arnoglossus thori</i>		-	0,71	0,00	-	2,7	33,2
<i>Hippocampus hippocampus</i>		-	0,00	0,67	-	2,5	35,8
Oiartzun/Tipo 4 66,07		<i>Palaemon longirostris</i>	-	0,00	-	1,08	4,7
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	-	0,00	-	1,04	4,7	9,4
	<i>Platichthys flesus</i>	-	0,00	-	0,78	3,4	12,9
	<i>Liocarcinus navigator</i>	-	0,76	-	0,00	3,4	16,2
	<i>Palaemonetes</i> sp.	-	0,71	-	0,00	3,2	19,4
	<i>Arnoglossus laterna</i>	-	0,71	-	0,00	3,2	22,5
	<i>Arnoglossus thori</i>	-	0,71	-	0,00	3,2	25,7
	<i>Athanas nitescens</i>	-	0,64	-	0,00	2,9	28,5
	<i>Thorulus cranchii</i>	-	0,64	-	0,00	2,9	31,4
	<i>Buglossidium luteum</i>	-	0,64	-	0,00	2,9	34,2
	<i>Scorpaena porcus</i>	-	0,64	-	0,00	2,9	37,1
	Tipos 3/4 44,23	<i>Diplodus sargus</i>	-	-	0,75	0,48	5,0
<i>Crangon crangon</i>		-	-	1,87	1,46	4,8	9,8
<i>Palaemon elegans</i>		-	-	0,93	0,48	4,5	14,3
<i>Hippocampus hippocampus</i>		-	-	0,67	0,00	4,3	18,6
<i>Buglossidium luteum</i>		-	-	0,56	0,00	3,6	22,1
<i>Palaemon serratus</i>		-	-	0,80	0,39	3,5	25,7
<i>Gobius niger</i>		-	-	0,94	0,43	3,4	29,0
Mysidacea		-	-	0,65	0,14	3,2	32,2
<i>Palaemon</i> sp.	-	-	0,46	0,00	3,1	35,3	

Valor AFI y Estado Ecológico

Resultados AFI

Al aplicar el índice multimétrico AFI se obtiene el estado ecológico en base a las comunidades demersales (Anexo VIII). Estos resultados se presentan de forma gráfica en las Figuras 23 y 24.

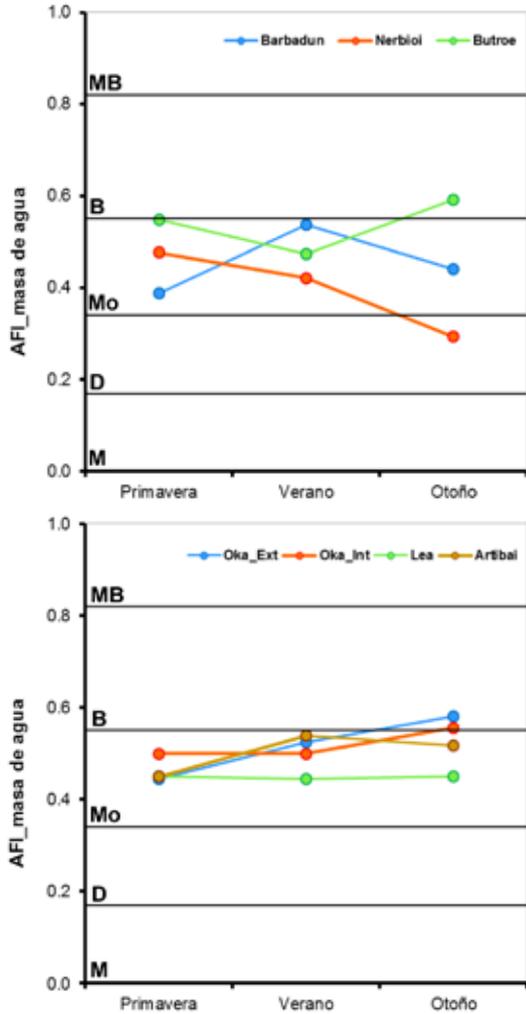


Figura 23. Valores AFI para las masas de agua de Barbadun, Nerbioi, Butroe, Oka exterior, Oka interior, Lea y Artibai en primavera, verano y otoño. MB: Muy Bueno; B: Bueno Mo: Moderado; D: Deficiente; M: Malo.

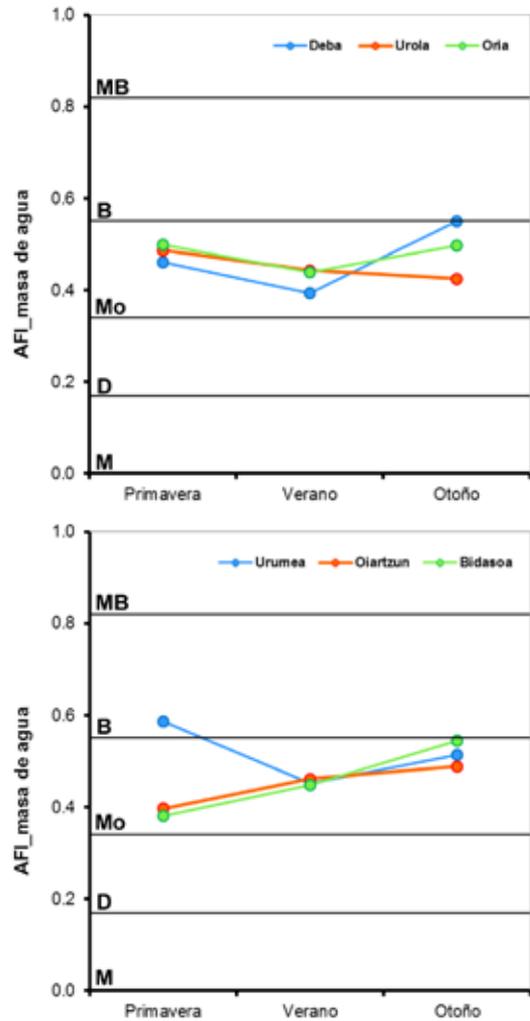


Figura 24. Valores AFI para las masas de agua de Deba, Urola, Oria, Urumea, Oiartzun y Bidasoa en primavera, verano y otoño. MB: Muy Bueno; B: Bueno Mo: Moderado; D: Deficiente; M: Malo.

Se estudió la relación entre los datos de AFI calculados a partir de los datos obtenidos en otoño de 2008, 2009 y 2010, y los valores de las variables abióticas (índices de presión y variables morfológicas) obtenidas de Borja *et al.* (2006) (Anexo VI). Al tener más variables que estaciones de muestreo, se procedió a preseleccionar las variables mejor correlacionadas con el índice AFI, previa transformación ($\log [x+1]$) de algunas de ellas según se ha explicado anteriormente. El criterio de selección fue que presentaran una buena correlación frente a AFI (Colton, 1979), es decir, que presentaran un valor de r mayor de 0,5, en valor absoluto.

Así, las variables abióticas seleccionadas fueron: población, número de establecimientos industriales (transformado), superficie dragada, índice de presión global, índice de contaminación de los sedimentos, porcentaje de riberas canalizadas en zonas portuarias, porcentaje de riberas canalizadas fuera de zonas portuarias, profundidad media del estuario, tiempo de residencia y volumen submareal.

Tabla 13. Resumen de los estadísticos correspondientes a cada uno de los modelos (el modelo 1 corresponde al modelo completo en el que se incluyen todas las variables abióticas; los sucesivos corresponden a modelos a los que se ha eliminado una variable cada vez, hasta llegar al modelo final: modelo 5). R^2 (cor.)= R^2 corregida.

Modelo	R	R^2	R^2 (cor.)	Error Típico	Estadísticos de cambio					Durbin- Watson
					en R^2	en F	gl ₁	gl ₂	p	
1	0,987	0,974	0,719	0,043	0,974	3,818	10	1	0,380	
2	0,987	0,974	0,859	0,030	0,000	0,007	1	1	0,948	
3	0,983	0,967	0,879	0,028	-0,007	0,566	1	2	0,530	
4	0,981	0,963	0,897	0,026	-0,004	0,392	1	3	0,576	
5	0,967	0,936	0,859	0,030	-0,027	2,862	1	4	0,166	2,242

Tabla 14. Valores de los coeficientes estimados para cada una de las variables incluidas en el modelo final. β : coeficiente tipificado; Cor. Parciales: correlaciones parciales; FIV: Factor de Inflación de la Varianza. a= constante; b_1 = profundidad media del estuario (m); b_2 = índice de presión global; b_3 = tiempo de residencia (días); b_4 = dragados (Ha·año⁻¹); b_5 = canalizaciones en áreas portuarias (%); b_6 = canalizaciones fuera de áreas portuarias (%).

Variable	Coeficientes no estandarizados		β	t	p	Cor. parciales	Estadísticos de colinealidad	
	B	Error típico					Tolerancia	FIV
a	0,013	0,121		0,110	0,917			
b_1	0,017	0,006	1,522	3,029	0,029	0,805	0,051	19,733
b_2	-0,003	0,001	-0,786	-3,058	0,028	-0,807	0,193	5,169
b_3	-0,001	0,000	-0,741	-2,948	0,032	-0,797	0,203	4,934
b_4	0,028	0,006	3,486	4,422	0,007	0,892	0,021	48,587
b_5	-0,007	0,002	-2,549	-4,783	0,005	-0,906	0,045	22,196
b_6	0,009	0,002	2,033	4,656	0,006	0,901	0,067	14,909

El modelo de regresión lineal múltiple comienza incorporando todas las variables abióticas propuestas y elimina, sucesivamente: número de establecimientos industriales, volumen submareal del estuario, población e índice de contaminación de los sedimentos. Tal y como se muestra en la Tabla 13, la eliminación sucesiva de las variables abióticas no da lugar a cambios estadísticamente significativos respecto a modelos más complejos ($p > 0,05$). Por otro lado, el valor de r^2 corregido para el modelo final (0,859), es inferior al r^2 (0,936), por lo que el modelo estimado no está sobreajustado en relación con las muestras, lo cual indica que el modelo se puede considerar generalizable. Por último, el estadístico de Durbin-Watson (2,242), estimado para el modelo final, indica ausencia de autocorrelación entre el residuo correspondiente a cada observación y el anterior, por ser próximo a 2.

Del resumen mostrado en la Tabla 14 se extrae la siguiente ecuación de regresión: $AFI = 0,013 + 0,017 \times b_1 - 0,003 \times b_2 - 0,001 \times b_3 + 0,028 \times b_4 - 0,007 \times b_5 + 0,009 \times b_6$

donde b_1 es la profundidad media del estuario (m), b_2 es el índice de presión global, b_3 es el tiempo de residencia (días), b_4 corresponde a la superficie dragada (ha·año⁻¹), b_5 se refiere al porcentaje de riberas canalizadas en áreas portuarias y b_6 al porcentaje de riberas canalizadas fuera de áreas portuarias. Todas las variables incluidas en la ecuación de regresión tienen un efecto significativo ($p < 0,05$) sobre el modelo y presentan correlaciones parciales (correlación entre una variable dependiente y una variable independiente,

cuando se han eliminado de ambas los efectos lineales de las otras variables independientes del modelo) altas o muy altas (en valor absoluto, entre 0,797 y 0,906). De los valores de los coeficientes tipificados (β) se concluye que la variable que mayor efecto (en el modelo) tiene sobre AFI es la superficie dragada por año ($\beta = 3,5$), seguida por el porcentaje de riberas canalizadas en zonas portuarias ($\beta = -2,5$) y el porcentaje de riberas canalizadas fuera de áreas portuarias ($\beta = 2,0$). La profundidad media del estuario, la superficie dragada y el porcentaje de riberas canalizadas fuera de áreas portuarias, ejercen un efecto positivo sobre el valor de AFI, mientras que el resto de variables afectan negativamente al índice.

Por último, cabe destacar que los bajos valores de tolerancia (0,02-0,20) y los altos valores de factor de inflación de las varianzas (4,9-45,6) indican que existe una colinealidad importante entre las variables seleccionadas. Esto podría afectar a la posibilidad de generalización de los datos.

Discusión

La única especie de crustáceo considerada alóctona identificada en estas campañas es el camarón *Palaemon macrodactylus*. Dicha especie, originaria del NW del Pacífico (Japón, Corea y China), ha sido hallada en muestras de los estuarios del Nerbioi y Oiartzun, los que albergan los puertos más grandes, los que presentan mayor tráfico marítimo y los que, en consecuencia, permiten la presencia de buques de largo

recorrido. Esta mayor presencia de especies alóctonas en los estuarios del Nerbioi y Oiartzun ha sido también observada para las comunidades del zoobentos (Zorita, en prensa). En este sentido, dichos sistemas presentan el mayor riesgo de entrada de especies alóctonas. *P. macrodactylus* ha sido citada ya en otras aguas europeas (Ashelby *et al.*, 2004; Cuesta *et al.*, 2004; d'Udekem d'Acoz *et al.*, 2005; González-Ortegón y Cuesta, 2006; González-Ortegón *et al.*, 2006).

Por otro lado, aunque no se hayan recogido en los arrastres del presente estudio, se tiene constancia de la presencia del cangrejo *Hemigrapsus takanoi*, de origen asiático (NW Pacífico), capturado en el Bidasoa, Butroe y Oka en arrastres realizados en 2011, siguiendo la misma metodología. Esta especie, fácilmente confundible con el cangrejo cuadrado *Pachygrapsus marmoratus*, se viene citando en las costas europeas desde mediados de los 90, aunque inicialmente fuera citada como *Hemigrapsus penicillatus* (Noël *et al.*, 1997; Asakura y Watanabe, 2005; Dauvin, *et al.*, 2009).

En cuanto a la presencia de especies de peces aloctonas, se ha constatado la presencia del góbido *Zebus zebus* (gobio cebra) en la masa de agua de transición del Bidasoa. Especie propia del mar mediterráneo, se desconoce cual ha sido el vector de entrada.

En cuanto a las comunidades demersales encontradas, tal y como establecían Whitfield y Elliott (2002), las principales fuerzas motrices que explican la variabilidad en la composición y estructura de la ictiofauna de estuarios pueden clasificarse en dos categorías: i) geográficas e ii) hidrográficas. La relación entre las muestras demersales y los tipos de estuarios ha sido ampliamente estudiada en otros países (Harrison *et al.*, 2000). A partir de los análisis MDS elaborados con los datos abióticos (de presión e hidromorfológicos), se observa que, de los 12 estuarios vascos, se segregan los de tipo 10 (los que tienen una amplia superficie submareal), *i.e.*, Nerbioi, Bidasoa y Oiartzun (destacando especialmente Nerbioi). En general, estos estuarios tienen la capacidad de mantener poblaciones demersales residentes estables con una riqueza más elevada (véase Uriarte y Borja (2009), para estudios a largo plazo, no sólo los realizados en este trabajo). Solamente en el caso de Oiartzun, fuertemente afectado por presiones, la riqueza es menor. Por otro lado, los estuarios pequeños (Lea, Barbadun) con extensas zonas intermareales, suelen albergar una fauna demersal más pobre, acorde a su tamaño, según se ha visto en estudios a largo plazo como los mencionados. A partir del análisis realizado aquí, parece que, salvo algunas excepciones, los estuarios vascos son muy similares entre sí en su composición de fauna demersal, con características relacionadas con su pequeño tamaño, especialmente si se comparan con otros estuarios europeos de mayores dimensiones. De hecho, algunos análisis de ámbito europeo señalan que los estuarios pequeños se separan del resto en cuanto a composición de especies (Nicolas *et al.*, 2010a). Estos pequeños estuarios presentan, en general, menor riqueza y diversidad (Cardoso *et al.*, 2011), tal y como ocurre en los estuarios vascos.

En cuanto a la importancia de las variables ambientales

en las comunidades demersales, las que mejor explican la ordenación de los estuarios en base a los datos de ictiofauna de este estudio son: (i) entre las variables de presión, el índice de contaminación del agua, y (ii) entre las variables hidromorfológicas, el porcentaje de superficie submareal, el tiempo de flujo y la cuenca de drenaje. Sin embargo, al incluir peces y crustáceos, las variables más relevantes cambian ligeramente: siendo (i) entre las variables de presión, el índice de contaminación del agua y el índice de presión global, y (ii) entre las variables hidromorfológicas, la distancia al talud, el tiempo de flujo y la cuenca de drenaje. Por tanto, la variabilidad de la fauna demersal en los estuarios vascos se explica, principalmente, por el tamaño de la cuenca y el flujo, junto con la calidad del medio en donde habitan. De hecho, la variable que explica el mayor porcentaje de variabilidad es el índice de contaminación del agua (porcentaje de muestras que no cumplen los requisitos de calidad ambiental para las sustancias prioritarias). La influencia de los contaminantes sobre las poblaciones de peces ha sido estudiada en diferentes países (Cabral *et al.*, 2001; Whitfield y Elliott, 2002; Delpech *et al.*, 2010). En algunos estuarios, las abundancias de las especies de peces suelen encontrarse determinadas en gran medida por el caudal del río (Martinho *et al.*, 2007). Aunque en el caso del País Vasco el caudal del río no es una variable que explique significativamente la composición de las comunidades de ictiofauna, se trata de una variable relacionada con el tiempo de flujo. En un análisis a escala europea (135 estuarios), Nicolas *et al.* (2010b) estudiaron los factores que explicaban los patrones de riqueza específica a diferentes escalas, desde hábitat locales hasta ámbitos regionales. Estos autores encontraron que el tamaño del estuario, la anchura de la boca de entrada, y la distancia al talud eran las variables que mejor explicaban la riqueza específica piscícola a la escala mencionada. Algunas de estas variables coinciden con las identificadas como más influyentes en este trabajo.

Resulta interesante destacar que la regresión entre el AFI y las presiones es significativa solamente en otoño, y no en primavera ni verano. Inicialmente, el AFI fue diseñado para aplicarse con datos de otoño (Borja *et al.*, 2004a), considerada la mejor época para las campañas de campo. Por eso, en principio, su aplicación en otras estaciones del año debe realizarse con cautela. En este sentido, Martinho *et al.* (2008), aplicando diferentes índices en series temporales a largo plazo, encontraron diferencias entre ellos atribuidas a cambios temporales. Sin embargo, para otros índices no se encontraron diferencias significativas en valores medidos entre las distintas estaciones del año para las zonas estudiadas (Breine *et al.*, 2007).

En cuanto a los resultados de la regresión múltiple entre el AFI y los distintos indicadores de presión y variables morfológicas, se observa que (i) cuanto más profundo es el estuario, y (ii) cuanto menores son el tiempo de residencia, el índice de presión y el porcentaje de riberas canalizadas dentro de zonas portuarias del estuario, los valores del AFI son más elevados (por tanto, una calidad ecológica mayor). Estas variables son interesantes debido a que los estuarios

profundos (tipo 10 en este caso) pueden mantener una mayor cantidad de especies residentes y poblaciones estables (de hecho, en los estuarios más profundos como el del Nerbioi se encuentran las mayores riquezas específicas en el País Vasco (Uriarte y Borja, 2009)). Este mismo patrón se ha descrito en los estuarios portugueses (França *et al.*, 2009). Como idea general, parece claro que el número de presiones debe estar relacionado negativamente con el estado ecológico, concepto clave de la Directiva Marco del Agua europea. En este sentido, el porcentaje de canalización de un estuario debido a la presencia de un puerto es claramente una presión morfológica a la que parece responder el índice AFI. Además, es sabido que la morfología del canal y los requerimientos de los nichos de hábitat influyen en las comunidades de peces (Hemingway y Elliott, 2002; Coates *et al.*, 2007). Sin embargo, debe señalarse que la regresión múltiple refleja también que cuanto mayor es el volumen dragado y cuanto mayor sea el porcentaje de ribera canalizada fuera del puerto, se obtienen valores más elevados del AFI (calidad alta).

Por último, cabe decir que los estuarios son sistemas complejos, que presentan una elevada variabilidad de las comunidades biológicas que los habitan. Esto hace que sea difícil encontrar relaciones robustas y coherentes entre las variables asociadas con las presiones humanas y el estado de las comunidades. Una razón para ello es lo que se ha dado en llamar la ‘Paradoja de la Calidad Estuárica’ (Elliot y Quintino, 2007), en que, debido a la variabilidad natural de los estuarios, es muy difícil distinguir entre el estrés creado por esta variabilidad y el inducido por el ser humano.

Conclusiones

Todos los estuarios presentan una comunidad demersal similar en cuanto a las especies registradas; las mayores diferencias entre sistemas vienen marcadas por las distintas abundancias específicas.

El estuario del Butroe y del Oka quedan caracterizados por las especies *Crangon crangon*, *Carcinus maenas*, *Diplodus sargus*, *Palaemon longirostris* y *Palaemon elegans*. Por su parte, los estuarios del Bidasoa, Oria, Deba, Nerbioi, Artibai, Urola Barbadun, Urumea y Butroe quedan caracterizados por las especies *Carcinus maenas*, *Crangon crangon*, *Pomatoschistus sp.* y *Pachygrapsus marmoratus*.

En las campañas realizadas en este trabajo únicamente se han detectado dos especies alóctonas: el camarón *Palaemon macrodactylus*, encontrado en los estuarios del Nerbioi y Oiartzun, y el gobio *Zebrus zebrus* capturado en el Bidasoa.

El valor de la calidad alcanzado en los estuarios del Butroe, Oka exterior, Oka interior y Deba ha sido “bueno”, “deficiente” en el Nerbioi interior y “aceptable” en el resto. Las variables abióticas que mejor explican el estado ecológico mediante el índice AFI corresponden al grupo de las presiones: superficie dragada, porcentaje de riberas canalizadas en zonas portuarias y porcentaje de riberas canalizadas fuera de áreas portuarias.

Agradecimientos

Agradecemos a Miguel Santesteban, Ekaitz Erauskin e Iker Urtizberea, personal de AZTI-Tecnalia, por su participación en las campañas de campo. Javier Franco realizó una exhaustiva revisión del manuscrito inicial. Este trabajo ha sido financiado por URA (Agencia Vasca del Agua), a través de un convenio con AZTI-Tecnalia para la realización de los estudios de la Red de Seguimiento del Estado Ecológico de las Aguas de Transición y Costeras de la CAPV. Este artículo es la contribución número 648 de AZTI-Tecnalia (Unidad de Investigación Marina).

Bibliografía

- Asakura A. y S. Watanabe, 2005. *Hemigrapsus takanoi*, new species of the common Japanese intertidal crab *H. penicillatus* (Decapoda: Brachyura: Grapsoidae). *Journal of Crustacean Biology*, 25(2): 279-292.
- Ashelby, C.W., T.M. Worsfold y C.H.J.M. Fransen, 2004. First record of the oriental prawn *Palaemon macrodactylus* (Decapoda: Caridea), an alien species in European waters, with a revised key to British Palaemonidae. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84: 1041-1050.
- Borja, A., R. Castro y A. Uriarte, 1996. *Estudio de la calidad biológica de los sedimentos de los estuarios interiores de los ríos Bidasoa, Oiartzun y Urumea*. Inédito, AZTI-Tecnalia. Donostia - San Sebastián. 105 pp + anexos.
- Borja, A., R. Castro y A. Uriarte, 1997. *Estudio de la calidad biológica de los sedimentos de los estuarios interiores de los ríos Oria y Urola*. Inédito, AZTI-Tecnalia. Donostia - San Sebastián. 97 pp + anexos.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, J. Bald, I. Muxika, M. Jesús Belzunce y O. Solaun, 2004a. Implementation of the European water framework directive from the Basque country (northern Spain): a methodological approach. *Marine Pollution Bulletin*, 48: 209-218.
- Borja, A., O. Solaun, I. Galparsoro, E.M. Tello, I. Muxika, V. Valencia, J. Bald, J. Franco y A. Manzanos, 2004b. *Caracterización de las presiones e impactos en los estuarios y costa del País Vasco*. Informe para la Dirección de Aguas del Departamento de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, Fundación AZTI. Pasaia. 322 pp.
- Borja, A., 2005. The European water framework directive: A challenge for nearshore, coastal and continental shelf research. *Continental Shelf Research*, 25(14): 1768-1783.
- Borja, A., I. Galparsoro, O. Solaun, I. Muxika, E.M. Tello, A. Uriarte y V. Valencia, 2006. The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66: 84-96.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, I. Muxika, M. Revilla, G. Rodríguez, O. Solaun, I. Tueros, A. Uriarte, V. Valencia, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.M. Ruiz, S. Seoane, J.C. Sola, J.M. Trigueros y A. Manzanos, 2007. *Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Informe de AZTI-Tecnalia para la Dirección de Aguas del Departamento de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, Gobierno Vasco. Pasaia. 14 Tomos, 782 pp.
- Borja, A., S.B. Bricker, D.M. Dauer, N.T. Demetriades, J.G. Ferreira, A.T. Forbes, P. Hutchings, X. Jia, R. Kenchington, J.C. Marques y C. Zhu, 2008. Overview of integrative tools and methods in assessing ecological integrity in estuarine and coastal systems worldwide. *Marine Pollution Bulletin*, 56(9): 1519-1537.

- Borja, Á., J. Bald, J. Franco, J. Larreta, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte y V. Valencia, 2009. Using multiple ecosystem components, in assessing ecological status in Spanish (Basque Country) Atlantic marine waters. *Marine Pollution Bulletin*, 59(1-3): 54-64.
- Borja, A., J. Bald, M.J. Belzunce, J. Franco, J.M. Garmendia, J. Larreta, I. Menchaca, I. Muxika, M. Revilla, J.G. Rodríguez, O. Solaun, A. Uriarte, V. Valencia, I. Zorita, I. Adarraga, F. Aguirrezabalaga, I. Cruz, A. Laza, M.A. Marquiegui, J. Martínez, E. Orive, J.M^a Ruiz, S. Seoane, J.C. Sola, A. Manzanos, 2012. *Red de seguimiento del estado ecológico de las aguas de transición y costeras de la Comunidad Autónoma del País Vasco*. Informe de AZTI-Tecnalia para la Agencia Vasca del Agua. 21 Tomos, 707 pp.
- Bréine, J.J., J. Maes, P. Quataert, E. van den Berg, I. Simoens, G. van Thuyne y C. Belpaire, 2007. A fish-based assessment tool for the ecological quality of the brackish Schelde estuary in Flanders (Belgium). *Hydrobiologia*, 575: 141-159.
- Cabral, H.N., M.J. Costa y J.P. Salgado, 2001. Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes? *Climate Research*, 18: 119-126.
- Cardoso, I., S. França, M.P. Pais, S. Henriques, L. Cancela da Fonseca y H.N. Cabral, 2011. Fish assemblages of small estuaries of the Portuguese coast: A functional approach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93: 40-46.
- Clarke, K.R. y R.N. Gorley, 2006. PRIMER v6: User Manual/Tutorial. PRIMER-E, Plymouth. 190 pp.
- Clarke, K.R. y R.N. Warwick, 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*, 2nd edition. PRIMER-E, Plymouth.
- Coates, S., A. Waugh, A. Anwar y M. Robson, 2007. Efficacy of a multimetric fish index as an analysis tool for the transitional fish component of the Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 225-240.
- Colton, T. 1979. *Estadística en Medicina*. Editorial Salvat, 217 pp.
- Cruz-San Julián, J.J., J. García-Mondéjar y V. Pujalte, 1984. Las playas de los estuarios de Vizcaya: su dinámica y alteraciones antropogénicas. *Thalassas*, 2: 35-42.
- Cuesta, J.A., E. González-Ortegón, P. Drake y A. Rodríguez, 2004. First record of *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) from European waters. *Crustaceana*, 77: 377-380.
- d'Udekem d'Acoz, C., M. Faasse, E. Dumoulin y H. De Blauwe, 2005. Occurrence of the Asian shrimp *Palaemon macrodactylus* in the Southern Bight of the North Sea, with a key to the Palaemonidae of North-Western Europe (Crustacea: Decapoda: Caridea). *Nederlandse Faunistische Mededelingen*, 22: 95-111.
- Dauvin, J.C., A. Tous Rius y T. Ruellet 2009. Recent expansion of two invasive crabs species *Hemigrapsus sanguineus* (de Haan, 1835) and *H. takanoi* Asakura and Watanabe 2005 along the Opal Coast, France. *Aquatic Invasions*, 4(3): 451-465.
- Delpech, C., A. Courrat, S. Pasquaud, J. Lobry, O. Le Pape, D. Nicolas, P. Boët, M. Girardin y M. Lepage, 2010. Development of a fish-based index to assess the ecological quality of transitional waters: The case of French estuaries. *Marine Pollution Bulletin*, 60: 908-918.
- Drouineau, H., J. Lobry, C. Delpech, M. Bouchoucha, S. Mahevas, A. Courrat, S. Pasquaud y M. Lepage, 2012. A Bayesian framework to objectively combine metrics when developing stressor specific multimetric indicator. *Ecological Indicators*, 13: 314-321.
- Elliott, M. y D.S. McLusky, 2002. The need for definitions in understanding estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 55: 815-827.
- Elliott, M., V. Quintino, 2007. The Estuarine Quality Paradox, Environmental Homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine Pollution Bulletin*, 54: 640-645.
- Elliott, M. y A.K. Whitfield, 2011. Challenging paradigms in estuarine ecology and management. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 94: 306-314.
- Eraso, A., I. Arrate y F. Ruiz, 2001. *Euskal Autonomia Erkidegoko mapa hidrologikoa 1:150.000 eskala / Mapa hidrologico de la Comunidad Autónoma del País Vasco, Escala 1:150.000*. Departamento de Transportes y Obras Públicas, Gobierno Vasco, Euskal Energiaren Erakundea / Ente Vasco de la Energía. Bilbao. 75 pp + cartografía.
- França, S., M.J. Costa y H.N. Cabral, 2009. Assessing habitat specific fish assemblages in estuaries along the Portuguese coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 83: 1-12.
- Franco, J., V. Valencia, A. Borja, R. Castro y A. Uriarte, 1996. *Campaña de medición de variables biológicas y físico-químicas en el estuario del río Deba y área costera adyacente*. Inédito, AZTI-Tecnalia. Donostia - San Sebastián. 153 pp + anexos.
- Franco, J., Á. Borja, R. Castro, J. Larreta, I. Muxika, M. Revilla, A. Uriarte, J.G. Rodríguez, F. Villate, E. Orive, S. Seoane y A. Laza, 2011. *Seguimiento ambiental de los estuarios del Nervión, Barbadún y Butrón durante 2010*. Informe Técnico realizado para el Consorcio de Aguas Bilbao Bizkaia. Inédito, AZTI-Tecnalia. Pasaia (Gipuzkoa). 300 pp.
- García De Bikuña, B. y L. Docampo, 1990. *Limnología de los ríos de Vizcaya. Teorías, aplicaciones e implicaciones biológicas*. Viceconsejería Medio Ambiente, Dpto. Urbanismo, Vivienda y Medio Ambiente, Gobierno Vasco, Vitoria-Gasteiz. 200 pp.
- Girardin, M., M. Lepage, R. Amara, P. Boët, A. Courrat, C. Delpech, B. Durozoi, P. Laffargue, O.L. Pape, J. Lobry, E. Parlier y S. Pasquaud, 2009. *Développement d'un indicateur poisson pour les eaux de transition (Fish Index development for transitional waters)*. Programme LITEAU2 2005. Rapport scientifique de fin de contrat, 50 pp.
- González, M., A. Uriarte, A. Fontán, J. Mader y P. Gyssels. 2004. *Marine dynamics*. En: A. Borja, M. Collins (Eds.). *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier Oceanography Series. Amsterdam. 70: 133-157.
- González-Ortegón, E., J.A. Cuesta y C.D. Schubart, 2006. First report of the oriental shrimp *Palaemon macrodactylus* Rathbun, 1902 (Decapoda, Caridea, Palaemonidae) from German waters. *Helgolander Marine Research*, 61: 67-69.
- González-Ortegón, E. y J.A. Cuesta, 2006. An illustrated key to species of *Palaemon* and *Palaemonetes* (Crustacea: Decapoda: Caridea) from European waters, including the alien species *Palaemon macrodactylus*. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86: 93-102.
- Harrison, T.D., J.A.G. Cooper y A.E.L. Ramm, 2000. *Geomorphology, ichthyofauna, water quality and aesthetics of South African estuaries*. Department of Environmental Affairs & Tourism, Pretoria, South Africa: 228 pp.
- Hayes, M.O. 1975. *Morphology of sand accumulation in estuaries; an introduction to the symposium*. En: *Estuarine Research*. L.E. Cronin (Ed.). Academic Press. N.Y. II 3-22 pp.
- Hemingway, K. y M. Elliott, 2002. *Fishes in Estuaries*. Blackwell Science Ltd., Oxford.
- Ketchum, B., 1983. *Ecosystems of the World, 26: Estuaries and Enclosed Seas*. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam. 500 pp.
- López, F., 1986. *Hidrología torrencial en el País Vasco. Colección Itxaso*. Departamento de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco. Vitoria. 124 pp.
- Martinho, F., I. Viegas, M. Dolbeth, R. Leitão, H.N. Cabral y M.A. Pardal, 2008. Assessing estuarine environmental quality using fish-based indices: Performance evaluation under climatic instability. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1834-1843.
- Martinho, F., R. Leitao, I. Viegas, M. Dolbeth, J.M. Neto, H.N. Cabral y M.A. Pardal, 2007. The influence of an extreme drought event in the fish community of a southern Europe temperate estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 75: 537-546.
- Moore, J.A., A.A. Lew, J.A. Cunningham y M. Kachuba, 1995. Fish communities as indicators of environmental quality in the West River watershed. *Yale Forestry and Environmental Studies Bulletin*, 100: 178-196.
- Nicolas, D., J. Lobry, M. Lepage, B. Sautour, O. Le Pape, H. Cabral, A.

- Uriarte y P. Boët, 2010b. Fish under influence: A macroecological analysis of relations between fish species richness and environmental gradients among European tidal estuaries. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 137-147.
- Nicolas, D., J. Lobry, O. Le Pape y P. Boët, 2010a. Functional diversity in European estuaries: relating the composition of fish assemblages to the abiotic environment. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 88: 329-338.
- Noël, P., E. Tardy y C. d'Udekem d'Acoz, 1997. Will the crab *Hemigrapsus penicillatus* invade the coasts of Europe?. *Comptes Rendues de l'Academie des Sciences. Serie 3, Sciences de la vie*, 320: 741-745.
- Pérez-Domínguez, R., S. Maci, A. Courrat, M. Lepage, A. Borja, A. Uriarte, J.M. Neto, H. Cabral, V. St.Raykov, A. Franco, M.C. Alvarez y M. Elliott, 2012. Current developments on fish-based indices to assess ecological-quality status of estuaries and lagoons. *Ecological Indicators*, 23: 34-45.
- Potter, I.C., B.M. Chuwen, S.D. Hoeksema y M. Elliott, 2010. The concept of an estuary: A definition that incorporates systems which can become closed to the ocean and hypersaline. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 87: 497-500.
- San Vicente, C., A. Miner y M. Ibáñez, 1988. *Estudio de las rías guipuzcoanas: estudio de las comunidades de peces y macroinvertebrados + memoria-resumen*. INSUB. Donostia - San Sebastián.
- Uriarte, A. y Á. Borja, 2009. Assessing fish quality status in transitional waters, within the European Water Framework Directive: Setting boundary classes and responding to anthropogenic pressures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 82: 214-224.
- Uriarte, A., J.M. Garmendia, J.G. Rodríguez, I. Muxika y A. Borja, 2011. *Caracterización de la comunidad demersal presente en los estuarios del País Vasco*. Informe inédito para URA (Euskal Ur Agentzia - Agencia Vasca del Agua). 165 pp.
- Vasconcelos, R.P., P. Reis-Santos, A. Maia, V. Fonseca, S. França, N. Wouters, M.J. Costa y H.N. Cabral, 2010. Nursery use patterns of commercially important marine fish species in estuarine systems along the Portuguese coast. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 86: 613-624.
- Vasconcelos, R.P., P. Reis-Santos, M.J. Costa y H.N. Cabral, 2011. Connectivity between estuaries and marine environment: Integrating metrics to assess estuarine nursery function. *Ecological Indicators*, 11: 1123-1133.
- Whitfield, A.K. y M. Elliott, 2002. Fishes as indicators of environmental and ecological changes within estuaries: a review of progress and some suggestions for the future. *Journal of Fish Biology*, 61: 229-250.
- Zorita, I., O. Solaun, Á. Borja, J. Franco, I. Muxika y M. Pascual, en prensa. Spatial distribution and temporal trends of soft-bottom marine benthic alien species collected during the period 1989–2008 in the Nervión estuary (southeastern Bay of Biscay). *Journal of Sea Research*.

ANEXOS

Anexo I. Figuras de las masas de agua con los transectos muestreados.



Figura 25. Tramos muestreados en la masa de agua de Barbadun. Tramo exterior (AME), tramo medio (AMM) y tramo interior (AMI).

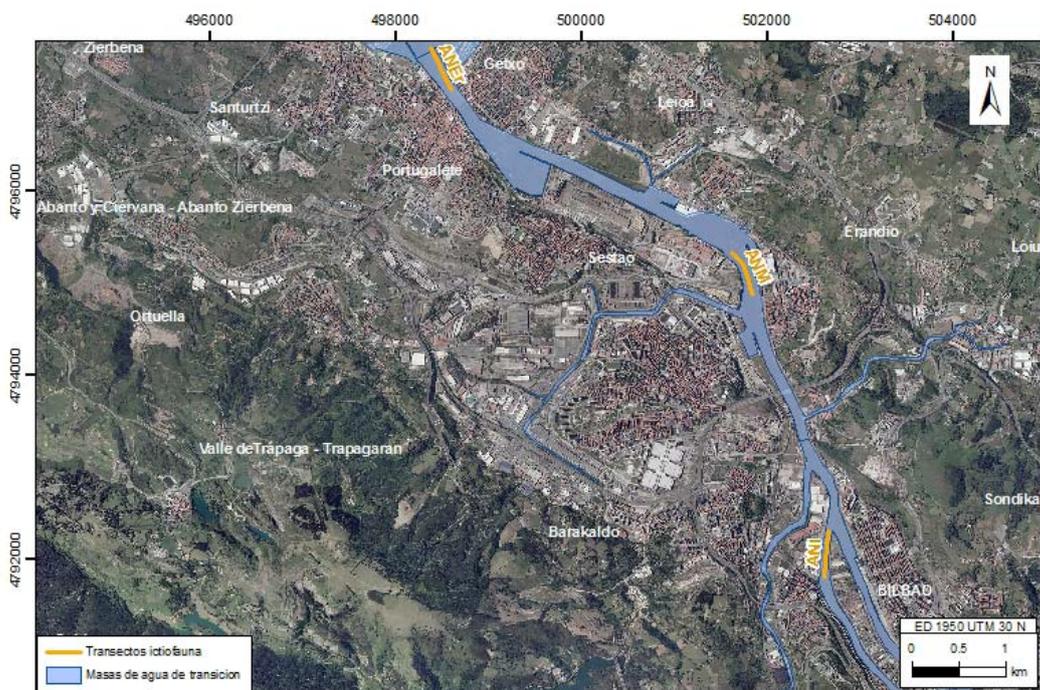


Figura 26. Tramos muestreados en la masa de agua de Nerbioi interior. Tramo exterior (ANEr), tramo medio (ANM) y tramo interior (ANI).



Figura 27. Tramos muestreados en la masa de agua de Butroe. Tramo exterior (ABE), tramo medio (ABM) y tramo interior (ABI).



Figura 28. Tramos muestreados en la masa de agua de Oka exterior. Tramo exterior (AOKE), tramo medio (AOKM) y tramo interior (AMI).

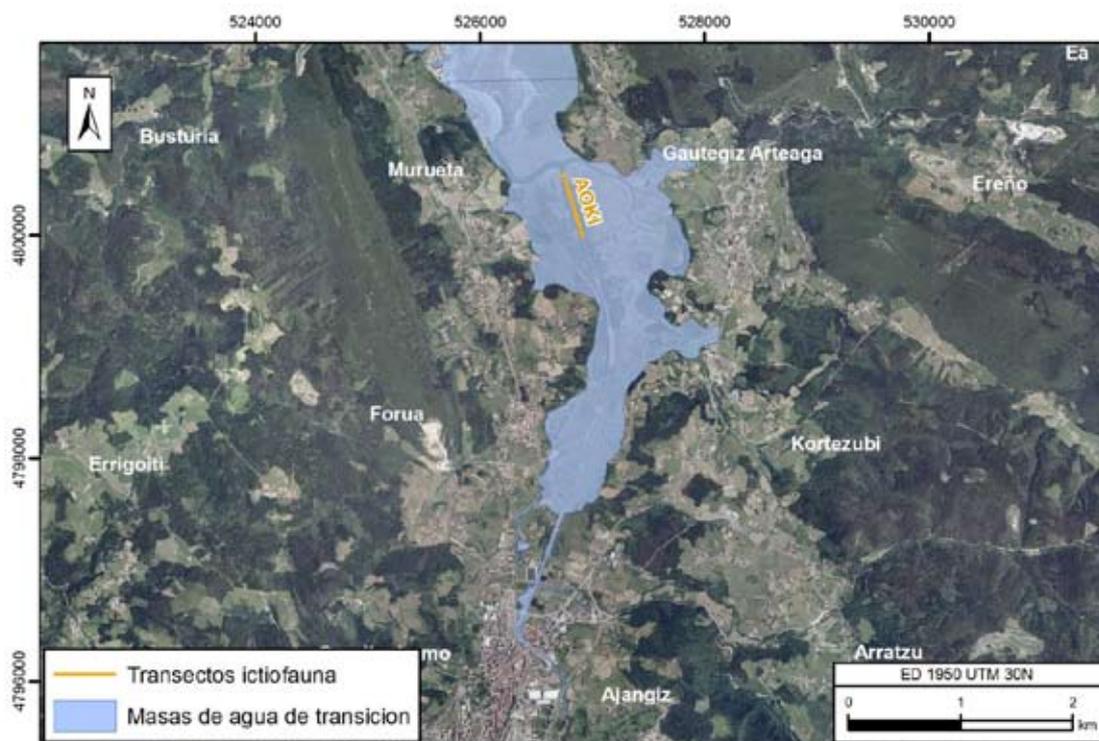


Figura 29. Tramo muestreado en la masa de agua de Oka interior. Tramo interior (AOKI).

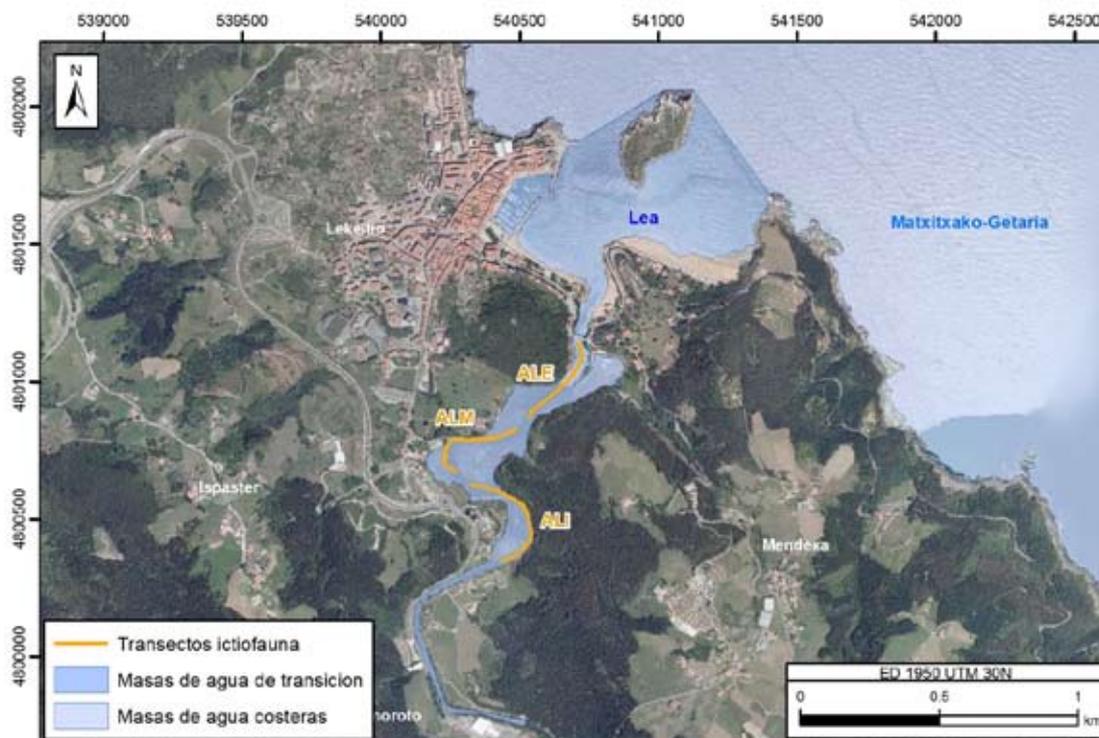


Figura 30. Tramos muestreados en la masa de agua de Lea. Tramo exterior (ALE), tramo medio (ALM) y tramo interior (ALI).

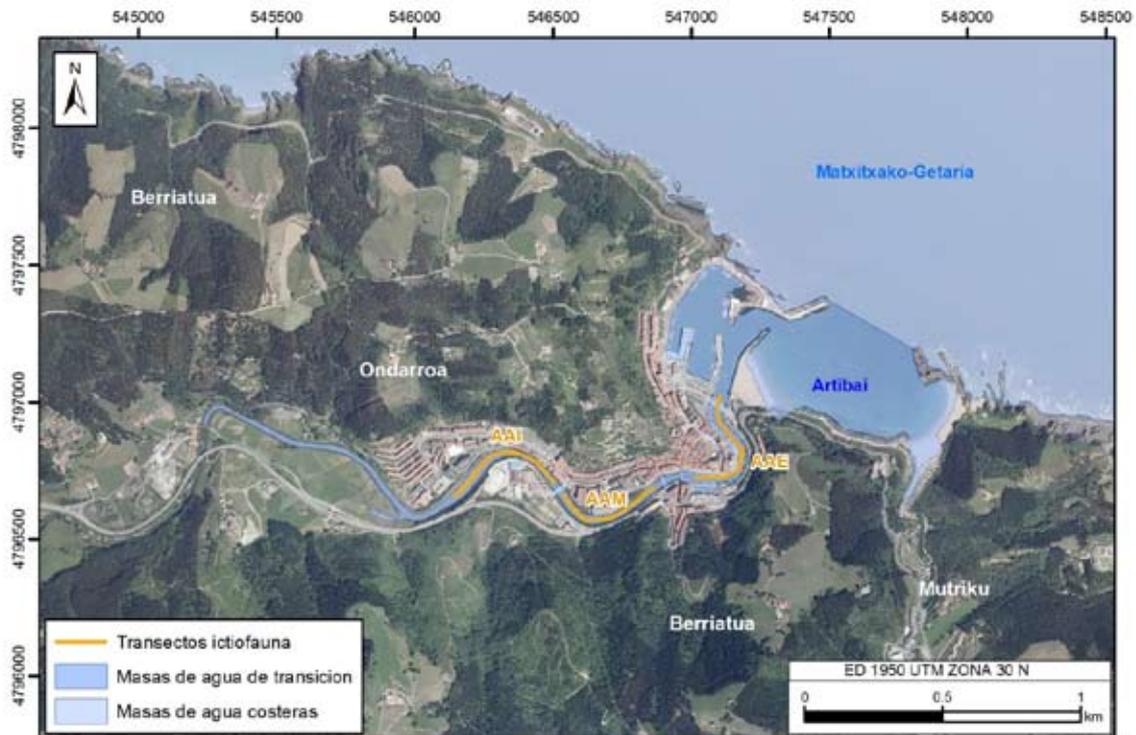


Figura 31. Tramos muestreados en la masa de agua de Artibai. Tramo exterior (AAE), tramo medio (AAM) y tramo interior (AAI).

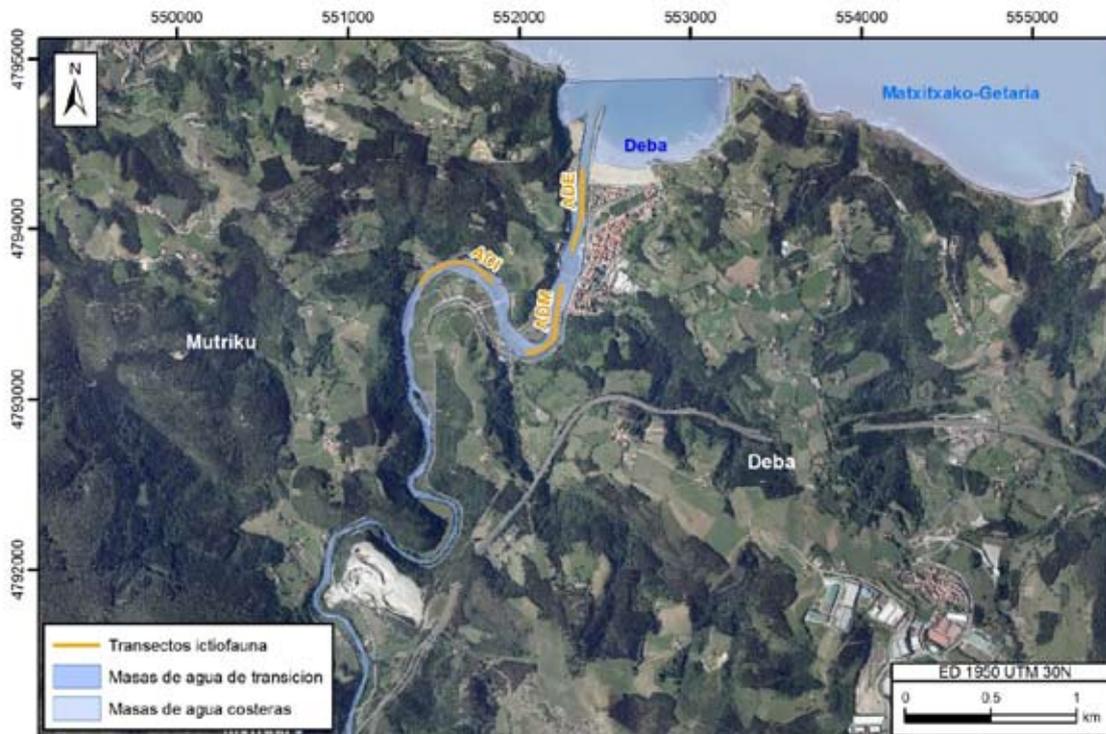


Figura 32. Tramos muestreados en la masa de agua de Deba. Tramo exterior (ADE), tramo medio (ADM) y tramo interior (ADI).



Figura 33. Tramos muestreados en la masa de agua de Urola. Tramo exterior (AUE), tramo medio (AUM) y tramo interior (AUI).



Figura 34. Tramos muestreados en la masa de agua de Oria. Tramo exterior (AOE), tramo medio (AOM) y tramo interior (AOI).

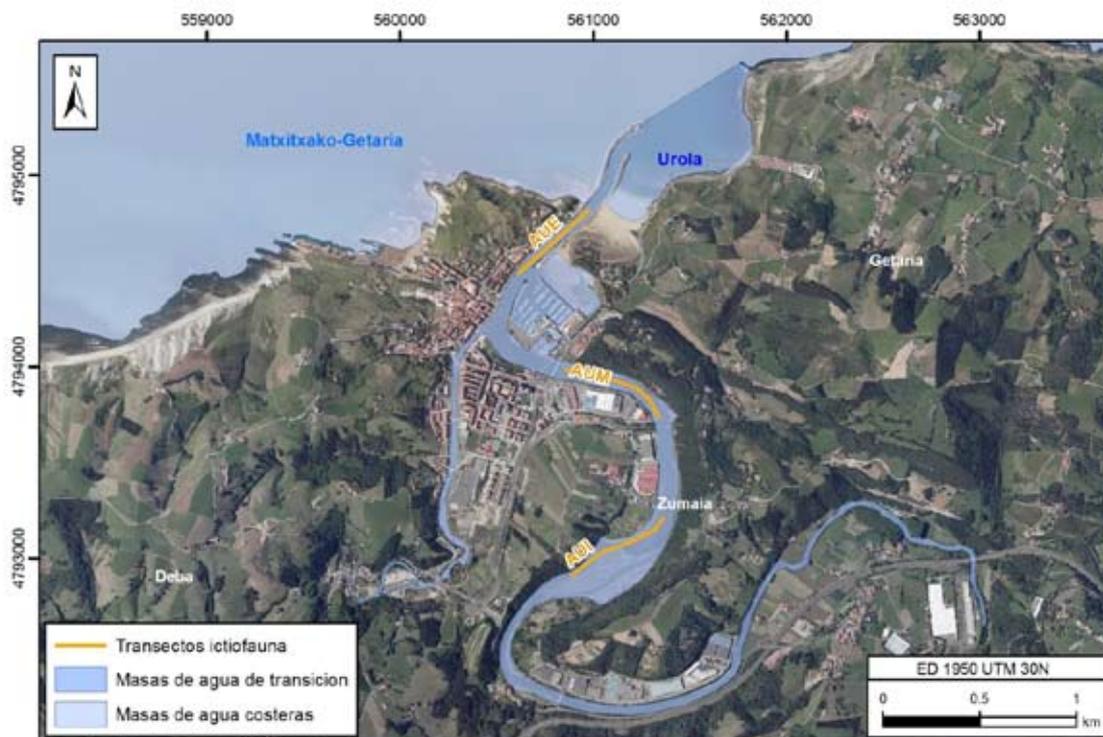


Figura 35. Tramos muestreados en la masa de agua de Urumea. Tramo exterior (AURE), tramo medio (AURM) y tramo interior (AURI).

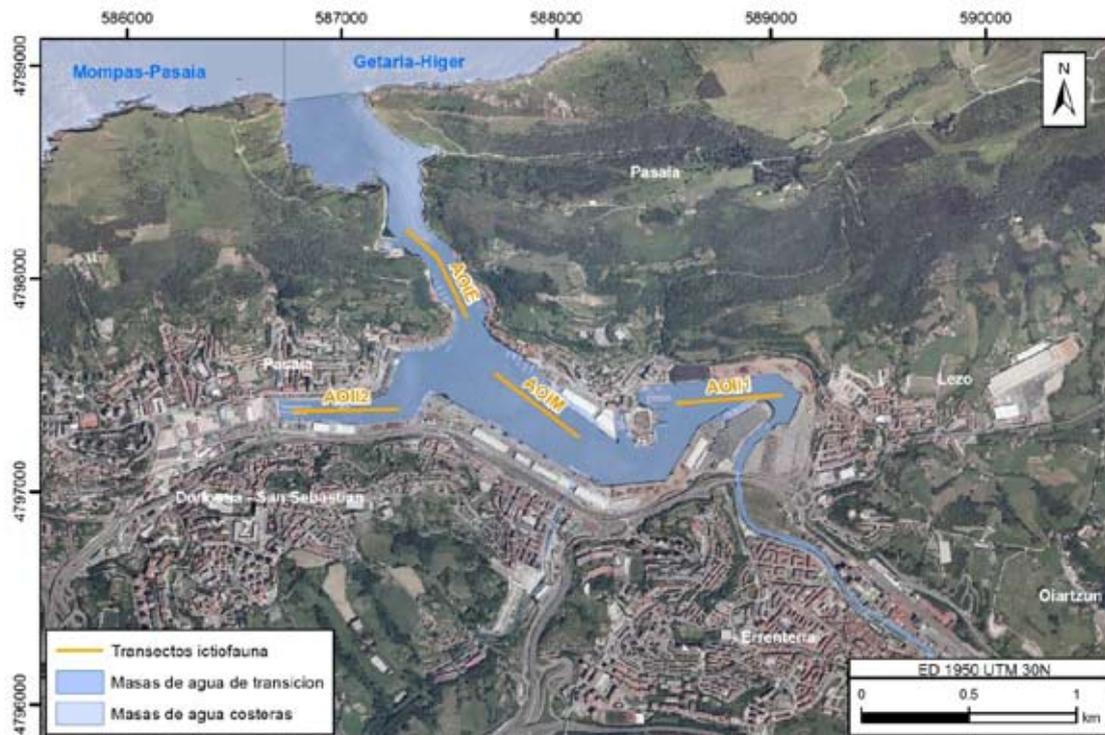


Figura 36. Tramos muestreados en la masa de agua de Oiartzun. Tramo exterior (AOIE), tramo medio (AOIM), tramo interior 1 (AOII1) y tramo interior 2 (AOII2).



Figura 37. Tramos muestreados en la masa de agua de Bidasoa. Tramo exterior (ABIE), tramo medio (ABIM), tramo interior 1 (ABII1) y tramo interior 2 (ABII2).

Anexo II. Valores de temperatura (T^a, °C), salinidad (S, usp), oxígeno disuelto (O₂, % saturación) y pH en superficie y fondo en todos los estuarios, en primavera, verano y otoño. ND: no hay dato.

Estuario	Estación	Parámetro	Primavera		Verano		Otoño	
			Superficie	Fondo	Superficie	Fondo	Superficie	Fondo
Barbadun	Exterior	T ^a	17,3	16,3	21,8	21,8	19,8	19,7
		S	11,8	18,4	32,9	32,9	33,0	32,0
		O ₂	113,5	123,6	106,1	104,4	99,0	96,7
		pH	ND	ND	ND	ND	8,1	ND
	Media	T ^a	17,9	16,0	23,2	23,2	18,5	19,5
		S	18,3	28,9	21,1	24,8	30,3	30,9
		O ₂ %	121,1	118,6	96,1	101,1	73,9	78,2
		pH	ND	ND	ND	ND	7,8	7,9
	Interior	T ^a	17,6	15,8	23,6	23,3	19,3	19,5
		S	27,1	32,3	24,2	26,5	17,9	25,9
		O ₂ %	118,3	106,9	104,1	98,3	70,5	72,2
		pH	ND	ND	ND	ND	7,8	7,8
Nerbioi	Exterior	T ^a	17,0	14,6	21,5	19,4	19,6	19,5
		S	13,9	31,4	27,4	32,4	25,1	30,8
		O ₂ %	90,1	98,6	143,1	125,1	73,8	87,9
		pH	ND	ND	ND	ND	7,8	8,06
	Media	T ^a	17,0	15,1	22,9	18,6	19,5	19,6
		S	10,5	27,9	18,9	32,2	21,8	29,2
		O ₂ %	87,7	77,5	123,3	115,1	72,4	75,9
		pH	ND	ND	ND	ND	7,7	7,9
	Interior	T ^a	16,7	14,9	23,3	18,8	18,6	20,1
		S	9,0	28,4	14,7	31,6	12,2	28,5
		O ₂ %	92,4	71,0	105,3	91,4	66,8	57,7
		pH	ND	ND	ND	ND	7,8	7,7
Butroe	Exterior	T ^a	13,8	19,8	15,8	17,8	13,8	19,8
		S	33,0	33,0	12,5	28,6	33,0	33,0
		O ₂ %	98,3	94,5	63,0	71,6	98,3	94,5
		pH	8,8	8,9	ND	ND	8,8	8,9
	Media	T ^a	19,4	19,5	14,5	17,0	19,4	19,5
		S	32,4	32,7	0,9	21,9	32,4	32,7
		O ₂ %	95,0	88,5	86,3	72,5	95,0	88,5
		pH	8,7	8,7	ND	ND	8,7	8,7
	Interior	T ^a	19,6	19,5	14,6	17,3	19,6	19,5
		S	30,5	32,1	ND	22,1	30,5	32,1
		O ₂ %	90,5	94,0	90,2	54,1	90,5	94,0
		pH	8,5	8,7	ND	ND	8,5	8,7
Oka	Exterior	T ^a	14,3	14,1	21,9	21,7	14,3	16,6
		S	34,2	34,5	26,2	26,8	4,8	26,7
		O ₂ %	101,6	102,8	95,6	93,1	81,1	57,6
		pH	8,4	8,4	8,4	8,4	ND	ND
	Media	T ^a	14,2	14,1	21,5	20,1	16,5	17,0
		S	30,3	32,4	31,1	33,1	28,8	27,5
		O ₂ %	97,7	98,0	96,8	101,50	92,2	80,6
		pH	8,2	8,2	8,5	8,6	ND	ND
	Interior	T ^a	14,5	14,1	19,8	19,7	19,8	17,3
		S	12,3	15,5	33,8	33,8	28,8	40,9
		O ₂ %	88,8	86,1	111,2	106,80	72	76,1
		pH	8,1	8,1	8,6	8,66	ND	ND

Caracterización de las comunidades demersales estuarinas del País Vasco

Lea	Exterior	Tª	12,6	12,6	19,3	19,5	17,9	17,9
		S	21,8	21,7	29,4	32,5	32,3	32,4
		O ₂ %	101,7	102,0	93,5	95,1	99,5	97,1
		pH	8,3	8,3	8,9	8,9	ND	ND
	Media	Tª	11,5	12,0	19,5	19,5	18,5	18,1
		S	0,2	16,1	32,8	32,2	31,4	32,3
		O ₂ %	118,1	101,3	93,4	93,5	96,2	93,7
		pH	8,4	8,3	8,9	8,9	ND	ND
	Interior	Tª	11,5	11,4	19,6	18,6	18,9	18,2
		S	0,1	0,1	31,8	33,5	30,9	32,1
		O ₂ %	118,4	118,0	98,4	97,4	98,6	96,4
		pH	8,6	8,8	9,0	9,1	ND	ND
Artibai	Exterior	Tª			21,5	20,9	20,0	20,0
		S	ND	ND	26,5	32,9	31,3	45,2
		O ₂ %	ND	ND	58,5	82,7	49,0	71,2
		pH			8,5	8,8	ND	ND
	Media	Tª			22,2	21,3	20,0	20,16
		S	ND	ND	29,0	32,0	31,2	32,4
		O ₂ %	ND	ND	72,5	83,5	59,4	60,4
		pH			8,7	8,7	ND	ND
	Interior	Tª			21,7	21,7	20,2	20,2
		S	ND	ND	31,1	31,2	32,1	32,0
		O ₂ %	ND	ND	80,8	82,0	70,6	58,1
		pH			8,6	8,6	ND	ND
Deba	Exterior	Tª	17,3	16,3	21,8	22,0	19,8	19,7
		S	11,8	18,4	32,9	32,9	33,0	32,0
		O ₂ %	113,5	123,6	106,1	104,40	99,0	96,7
		pH	ND	ND	ND	ND	8,1	ND
	Media	Tª	17,9	16,0	23,2	23,2	18,5	19,5
		S	18,3	28,9	21,1	24,8	30,3	30,9
		O ₂ %	121,1	118,6	96,1	101,10	73,9	78,2
		pH	ND	ND	ND	ND	7,8	7,9
	Interior	Tª	17,6	15,8	23,6	23,3	19,3	19,5
		S	27,1	32,3	24,2	26,5	17,9	25,9
		O ₂ %	118,3	106,9	104,1	98,3	70,5	72,2
		pH	ND	ND	ND	ND	7,8	7,8
Urola	Exterior	Tª	15,7	15,2	22,2	21,9	18,2	18,8
		S	90,0	114,2	100,5	106,10	93,2	93,7
		O ₂ %	15,4	34,4	26,1	31,5	32,6	35,7
		pH	8,2	8,3	8,1	8,2	7,8	7,8
	Media	Tª	15,4	15,2	21,4	21,7	18,4	18,8
		S	100,3	107,9	103,5	86,6	90,2	93,6
		O ₂ %	25,5	34,4	11,9	30,5	32,7	34,6
		pH	8,3	8,3	8,1	8,1	7,9	7,7
	Interior	Tª	14,7	15,5	20,4	21,4	17,1	18,8
		S	92,6	80,3	80,5	72,4	63,9	42,5
		O ₂ %	2,8	34,2	6,4	15,8	20,5	31,5
		pH	8,0	8,1	7,9	7,9	8,0	7,6

Oria	Exterior	Tª	14,7	14,8	21,8	21,1	20,6	21,3
		S	28,4	31,3	32,0	32,4	26,2	32,5
		O ₂ %	104,8	107,6	110,7	112,90	80,9	92,7
		pH	ND	ND	ND	ND	7,9	8,07
	Media	Tª	14,7	14,7	23,8	22,2	21,0	21,2
		S	21,6	30,5	25,6	31,0	25,6	28,3
		O ₂ %	101,7	99,8	103,0	109,10	77,6	82,2
		pH	ND	ND	ND	ND	8,0	8,0
	Interior	Tª	14,7	14,6	24,2	23,0	21,4	21,4
		S	13,9	23,2	18,4	23,6	24,3	24,9
		O ₂ %	95,8	94,3	92,0	82,2	76,3	75,5
		pH	ND	ND	ND	ND	7,9	7,9
Urumea	Exterior	Tª	15,7	15,5	22,0	22,0	18,5	18,5
		S	96,9	107,1	122,6	116,80	102,4	100,4
		O ₂ %	11,6	34,3	32,1	32,0	36,2	36,3
		pH	8,3	8,3	8,2	8,2	7,9	7,8
	Media	Tª	14,3	15,5	19,8	21,1	18,4	18,4
		S	91,8	79,4	106,0	78,9	98,3	96,8
		O ₂ %	1,7	29,9	1,0	30,1	34,8	34,9
		pH	8,2	8,1	8,0	7,9	7,87	7,8
	Interior	Tª	13,5	13,5	18,4	18,4	16,8	17,9
		S	92,1	89,7	92,3	95,0	78,4	89,9
		O ₂ %	0,1	0,1	0,1	0,1	11,6	29,6
		pH	7,9	7,9	7,8	7,7	8,1	7,8
Oiartzun	Exterior	Tª	14,7	14,3	21,2	19,6	19,9	19,7
		S	29,4	33,3	123,5	102,70	106,4	101,1
		O ₂ %	91,3	94,4	29,3	32,1	32,1	32,2
		pH	ND	ND	8,3	8,2	6,9	6,9
	Media	Tª	15,1	14,4	20,9	20,2	20,5	19,4
		S	24,4	33,4	96,1	114,20	102,8	103,50
		O ₂ %	82,9	92,3	23,2	32,0	28,9	32,3
		pH	ND	ND	8,1	8,2	6,9	6,8
	Interior 1	Tª	16,1	14,7	20,8	19,4	21,0	19,4
		S	22,8	32,1	110,0	95,7	80,1	96,2
		O ₂ %	82,0	86,6	26,4	31,3	25,2	32,4
		pH	ND	ND	8,2	8,1	6,9	6,8
Interior 2	Tª	14,1	14,9	21,4	20,5	20,5	19,7	
	S	26,1	32,2	90,7	120,90	85,5	80,0	
	O ₂ %	45,5	66,4	29,7	31,7	29,9	32,2	
	pH	ND	ND	8,1	8,2	6,9	6,8	
Bidasoa	Exterior	Tª	18,0	14,9	21,9	18,3	19,6	19,0
		S	27,9	33,1	111,8	108,40	105,2	119,30
		O ₂ %	106,7	106,8	26,7	32,5	29,7	32,0
		pH	ND	ND	8,2	8,1	7,3	7,2
	Media	Tª	14,9	15,1	23,0	21,8	19,6	19,7
		S	15,5	31,9	117,8	109,50	106,7	109,10
		O ₂ %	99,2	96,7	16,6	31,3	26,8	31,2
		pH	ND	ND	8,1	8,1	7,3	7,2
	Interior 1	Tª	14,1	14,4	21,2	22,2	20,1	19,9
		S	4,0	12,8	90,7	82,1	102,2	103,10
		O ₂ %	109,3	100,0	7,2	27,9	26,1	27,4
		pH	ND	ND	7,9	7,9	7,2	7,1
Interior 2	Tª	13,4	13,6	20,6	22,1	20,3	20,0	
	S	0,2	1,8	99,3	78,5	106,1	91,1	
	O ₂ %	88,4	88,0	0,6	25,1	17,8	25,9	
	pH	ND	ND	8,0	7,8	7,4	7,1	

Anexo III. Presencia de crustáceos y peces en cada estuario en primavera (P), verano (V) y otoño (O).

CRUSTÁCEOS / ÉPOCA	Barbadun			Nerbioi			Butroe			Oka			Lea			Artibai			Deba			Urola			Oria			Urumea			Oiartzun			Bidasoa		
	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O
<i>Athanas nitescens</i> - camarón encapuchado																																		X		
<i>Bathynectes maravigna</i> - cangrejo nadador de fondo					X																															
<i>Carcinus maenas</i> - cangrejo verde	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Crangon crangon</i> - quisquilla gris	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X			
<i>Galathea</i> sp. - sastre																																		X		
<i>Liocarcinus depurator</i> - cangrejo nadador																																		X		
<i>Liocarcinus navigator</i> - cangrejo nadador																																		X		
<i>Liocarcinus</i> sp. - cangrejo nadador																																		X		
<i>Macropodia rostrata</i> - cangrejo araña		X	X		X	X				X	X				X	X			X	X		X	X		X			X	X	X	X	X	X			
<i>Maja squinado</i> - centollo																							X													
Mysidacea - misidácea										X						X									X									X		
<i>Pachygrapsus marmoratus</i> - cangrejo cuadrado		X	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Palaemon elegans</i> - quisquilla de poza					X			X	X	X	X	X	X									X				X								X		
<i>Palaemon longirostris</i> - quisquilla delta	X	X		X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X							X	X		
<i>Palaemon macrodactylus</i> - quisquilla asiática invasora				X	X																													X		
<i>Palaemon serratus</i> - quisquilla común							X	X		X				X							X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Palaemon</i> sp. - quisquilla																																		X		
<i>Palaemonetes</i> sp. - camarón																																		X		
<i>Pilumnus hirtellus</i> - cangrejo peludo													X														X							X		
<i>Pirimela denticulata</i> - cangrejo-sierra																																		X		
<i>Pisa tetradon</i> - cangrejo araña																											X							X		
<i>Pisidia longicornis</i> - porcelanita					X														X		X				X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Polybius henslowii</i> - patalin																																		X		
<i>Praunus flexuosus</i> -										X																										
<i>Scyllarus arcticus</i> - santiaguíño																																		X		
<i>Thorulus cranchii</i> -																																		X		
<i>Upogebia pusilla</i> - grillo de fango											X																									

PECES / ÉPOCA	Barbadun			Nerbioi			Butroe			Oka			Lea			Artibai			Deba			Urola			Oria			Urumea			Oiartzun			Bidasoa		
	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O	P	V	O
<i>Anguilla anguilla</i> - anguila													X			X				X	X															
<i>Aphia minuta</i> - chanquete																																		X		
<i>Arnoglossus laterna</i> - soldado																											X							X		
<i>Arnoglossus thori</i> - peludilla																																		X		
<i>Buglossidium luteum</i> - tambor												X																						X		
<i>Callionymus lyra</i> - primita																																		X		
<i>Chelon labrosus</i> - corcón/muble																																		X		
<i>Coris julis</i> - julia													X																							
<i>Dicentrarchus labrax</i> - lubina								X		X																										
<i>Diplodus annularis</i> - raspallón								X		X	X									X																
<i>Diplodus sargus</i> - muxarra			X					X	X	X	X				X	X						X														
<i>Echichthys vipera</i> - sibirón									X	X	X											X			X											
<i>Engraulis encrasicolus</i> - anchoa									X																											
<i>Gobius niger</i> - chaparrudo			X	X	X	X		X	X	X	X		X	X				X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X	X			
<i>Hippocampus hippocampus</i> - caballito de mar									X																									X		
<i>Lithognathus mormyrus</i> - erla										X																										
<i>Microchirus azevia</i> - acevia							X																													
Mugilidae - mugilidos											X																									
<i>Mullus surmuletus</i> - salmonete																																		X		
<i>Pegusa lascaris</i> - lenguado de fondo										X																										
<i>Platichthys flesus</i> - platija	X	X			X			X	X						X	X	X			X						X	X	X				X	X			
<i>Pomatoschistus</i> sp. - cabuxino	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Raya undulata</i> - raya mosaica																																		X		
<i>Scorpaena notata</i> - rascacio																																		X		
<i>Scorpaena porcus</i> - escorporta																																		X		
<i>Scorpaena scrofa</i> - cabracho																																		X		
<i>Solea senegalensis</i> - lenguado de senegal																																		X		
<i>Solea solea</i> - lenguado común	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Symphodus bailloni</i> - baillonti				X																														X		
<i>Syngnathus acus</i> - aguja																																		X		
<i>Syngnathus typhle</i> - aguja mula										X		X		X																				X		
<i>Zeugopterus punctatus</i> - rémol de roca																																		X		
<i>Zeburus zebrus</i> - gobio cebra																																		X		

Anexo IV. Abundancias de peces, crustáceos y totales en cada tramo de cada estuario, en primavera, verano y otoño (datos en número por muestra). Clave: E= tramo exterior; M= tramo medio; I= tramo interior (dos tramos interiores en Oiartzun y Bidasoa).

Estuario	Barbadun			Nerbhai			Buteuc			Ola			Lea			Artibai																																						
	Verano			Verano			Verano			Verano			Verano			Verano																																						
	E	M	I	E	M	I	E	M	I	E	M	I	E	M	I	E	M	I																																				
Crustáceos																																																						
<i>Bathypectes maronigna</i>	17	13		4	24	1	6	37	41	4	1	3	2	11	43	7	132	21	28	6		6	17	11	6	12	2	16	5	5																								
<i>Corcinus maenas</i>	5	2	3	4	37	4	4	24	166	2	14	1	1	9	1	5	2	15	6	133	160	15	10	39	58	2	92	4	1		1	2	1																					
<i>Crangon crangon</i>				1	1	3	1	1	2	1	1	1							2	2	12	1						2	10																									
<i>Gobius niger</i>	1			2	1		3	23	2	1	5																																											
<i>Macropodia rostrata</i>																																																						
<i>Mysidacea</i>																																																						
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	1	4		1	4		2	1		1	1		1	2	4	1	5	1	4	3	28	6	1	5	1	23	3	7	3	2	7	1	1																					
<i>Palaemon elegans</i>																			82	2	5	3	12	5	10	2	3	1	1	2																								
<i>Palaemon longirostris</i>	1			1			9	2		2			118	30	1	5	55	16	12	4	1	2	4	1	2	1	2	1	3	5																								
<i>Palaemon macrrodactylus</i>							2	1																																														
<i>Palaemon serratus</i>																																																						
<i>Pilumnus hirtellus</i>																																																						
<i>Pisidia longicornis</i>																																																						
<i>Praunus flexuosus</i>																																																						
<i>Upogebia pusilla</i>																																																						
Peces																																																						
<i>Argentea argilla</i>																																																						
<i>Biglossidium luteum</i>																																																						
<i>Chelon labrosus</i>																																																						
<i>Coris julis</i>																																																						
<i>Dicentrarchus labrax</i>																																																						
<i>Diplodus annularis</i>																																																						
<i>Diplodus sargus</i>																																																						
<i>Echichthys vipera</i>																																																						
<i>Engraulis encrasicolus</i>																																																						
<i>Gobius niger</i>																																																						
<i>Hippocampus hippocampus</i>																																																						
<i>Lithognathus mormyrus</i>																																																						
<i>Microchirus aeneus</i>																																																						
<i>Mugilidae</i>																																																						
<i>Pegusa lascaris</i>																																																						
<i>Planchichthys flesus</i>	14	1	14																																																			
<i>Pomatoschistus sp.</i>	1	2		4	3		3	4	10	2	7	20	10	1	2	2	6	1	8	6	9	3	9	70	4	4	1	2	2	7																								
<i>Solea senegalensis</i>																																																						
<i>Solea solea</i>	1	3	1				2	3		5	7		1	1	1	3	3	1	5	5	2	1	1	1	1	1	1	1	1	4																								
<i>Symphodus bailloni</i>																																																						
<i>Syngnathus typhle</i>																																																						
Abun. Crustáceos	22	15	4	32	40	4	28	22	25	1	9	77	15	86	214	17	2	23	4	12	20	9	13	19	2	21	383	169	164	42	21	50	131	14	137	12	82	20	41	7	5	10	9	11	11	6	18	11	8	17	4	27	6	11
Abun. Peces	1	1	14	6	1	14	6	4	13	2	7	25	1	0	19	3	0	2	2	0	3	12	72	129	6	9	8	8	11	20	5	64	74	4	4	0	4	2	1	1	0	2	1	1	0	2	2	0	5	4	1	16	0	4
Abun. Total	23	16	18	38	41	18	34	26	26	7	13	90	17	93	239	18	2	42	7	12	22	11	13	22	14	93	512	175	173	50	29	61	151	19	201	86	86	24	41	7	9	12	10	12	11	8	20	11	13	21	5	43	6	15

Anexo V. Valores de los parámetros estructurales de peces en cada uno de los tramos y estaciones del año, en cada estuario. Clave: N= abundancia total (nº individuos); S= riqueza específica (nº taxones); H'= índice de diversidad de Shannon (bits.ind⁻¹); J'= índice de equitabilidad de Pielou.

Estuario	Estación	Tramo	N	S	H'	J'
Barbadun	Primavera	Exterior	1	1	0,00	0,00
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	14	1	0,00	0,00
	Verano	Exterior	6	3	1,46	0,92
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	14	1	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	6	2	0,92	0,92
		Medio	4	2	0,81	0,81
		Interior	1	1	0,00	0,00
Nerbioi	Primavera	Exterior	5	2	0,97	0,97
		Medio	4	1	0,00	0,00
		Interior	13	2	0,78	0,78
	Verano	Exterior	2	1	0,00	0,00
		Medio	7	1	0,00	0,00
		Interior	25	2	0,72	0,72
	Otoño	Exterior	0	0	0,00	0,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	18	3	1,23	0,78
Butroe	Primavera	Exterior	3	3	1,59	1,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	2	1	0,00	0,00
	Verano	Exterior	2	2	1,00	1,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	3	2	0,92	0,92
	Otoño	Exterior	12	3	1,04	0,66
		Medio	72	9	2,05	0,65
		Interior	129	8	1,37	0,46
Oka	Primavera	Exterior	5	3	1,37	0,87
		Medio	74	4	0,38	0,19
		Interior	64	8	1,73	0,58
	Verano	Exterior	6	3	1,46	0,92
		Medio	8	1	0,00	0,00
		Interior	9	6	2,42	0,94
	Otoño	Exterior	8	2	0,81	0,81
		Medio	20	5	1,98	0,85
		Interior	11	4	1,79	0,90
Lea	Primavera	Exterior	4	1	0,00	0,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	4	1	0,00	0,00
	Verano	Exterior	0	0	0,00	0,00
		Medio	2	2	1,00	1,00
		Interior	4	3	1,50	0,95
	Otoño	Exterior	1	1	0,00	0,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	1	1	0,00	0,00
Artibai	Primavera	Exterior	2	2	1,00	1,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	2	2	1,00	1,00
	Verano	Exterior	5	3	1,52	0,96
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	4	3	1,50	0,95
	Otoño	Exterior	16	4	1,77	0,89
		Medio	4	3	1,50	0,95
		Interior	0	0	0,00	0,00

Estuario	Estación	Tramo	N	S	H'	J'
Deba	Primavera	Exterior	5	3	1,37	0,865
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	0	0	0,00	0,00
	Verano	Exterior	3	2	0,92	0,92
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	0	0	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	7	2	0,86	0,86
		Medio	2	2	1,00	1,00
		Interior	8	1	0,00	0,00
Urola	Primavera	Exterior	0	0	0,00	0,00
		Medio	4	4	2,00	1,00
		Interior	0	0	0,00	0,00
	Verano	Exterior	3	2	0,92	0,92
		Medio	3	3	1,59	1,00
		Interior	0	0	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	2	2	1,00	1,00
		Medio	3	1	0,00	0,00
		Interior	0	0	0,00	0,00
Oria	Primavera	Exterior	3	1	0,00	0,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	3	2	0,92	0,92
	Verano	Exterior	3	2	0,92	0,92
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	0	0	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	1	1	0,00	0,00
		Medio	0	0	0,00	0,00
		Interior	9	1	0,00	0,00
Urumea	Verano	Exterior	9	4	1,66	0,83
		Medio	7	2	0,99	0,99
		Interior	6	1	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	3	1	0,00	0,00
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	5	2	0,72	0,72
	Primavera	Exterior	3	1	0,00	0,00
		Medio	1	1	0,00	0,00
		Interior	4	2	0,81	0,81
Oiartzun	Primavera	Exterior	2	2	1,00	1,00
		Medio	8	2	0,81	0,81
		Interior 1	12	2	0,41	0,41
		Interior 2	1	1	0,00	0,00
	Verano	Exterior	3	3	1,59	1,00
		Medio	4	3	1,50	0,95
		Interior 1	42	3	0,44	0,28
		Interior 2	4	2	0,81	0,81
	Otoño	Exterior	4	4	2,00	1,00
Medio		11	6	2,22	0,86	
Interior 1		5	3	1,37	0,87	
Interior 2		2	2	1,00	1,00	
Bidaxoa	Primavera	Exterior	1	1	0,00	0,00
		Medio	4	3	1,50	0,95
		Interior 1	1	1	0,00	0,00
		Interior 2	1	1	0,00	0,00
	Verano	Exterior	6	6	2,59	1,00
		Medio	4	2	0,81	0,81
		Interior 1	1	1	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	7	4	1,84	0,92
		Medio	8	4	1,81	0,91
Interior 1		6	3	1,59	1,00	
Interior 2		16	2	0,34	0,34	

Anexo VI. Valores de los parámetros estructurales de peces y crustáceos determinados para cada uno de los tramos y estaciones del año, en cada estuario. Clave: N= abundancia total (nº individuos); S= riqueza específica (nº taxones); H'= índice de diversidad de Shannon (bits.ind⁻¹); J'= índice de equitabilidad de Pielou.

Estuario	Estación	Tramo	N	S	H'	J'	
Barbadun	Primavera	Exterior	23	3	1,008	0,63	
		Medio	16	3	0,89	0,55	
		Interior	18	3	0,94	0,60	
	Verano	Exterior	38	7	1,82	0,65	
		Medio	41	4	1,25	0,62	
		Interior	18	3	0,94	0,60	
	Otoño	Exterior	34	5	1,32	0,57	
		Medio	26	4	0,97	0,49	
		Interior	26	3	1,00	0,63	
	Nerbioi	Primavera	Exterior	6	3	1,46	0,92
			Medio	13	4	1,85	0,93
			Interior	90	8	2,29	0,76
Verano		Exterior	17	6	2,31	0,89	
		Medio	93	6	1,95	0,76	
		Interior	239	8	1,42	0,48	
Otoño		Exterior	17	6	2,09	0,81	
		Medio	2	2	1,00	1,00	
		Interior	41	7	2,37	0,84	
Butroe		Primavera	Exterior	7	6	2,52	0,98
			Medio	12	3	1,04	0,66
			Interior	22	5	2,02	0,87
	Verano	Exterior	11	5	1,97	0,85	
		Medio	13	3	1,46	0,92	
		Interior	22	5	1,49	0,64	
	Otoño	Exterior	14	4	1,48	0,74	
		Medio	93	12	2,69	0,75	
		Interior	512	13	2,65	0,72	
	Oka	Primavera	Exterior	175	6	0,60	0,23
			Medio	50	5	1,92	0,83
			Interior	173	9	1,16	0,37
Verano		Exterior	29	6	2,36	0,91	
		Medio	151	12	2,56	0,71	
		Interior	61	8	1,90	0,64	
Otoño		Exterior	19	5	1,63	0,70	
		Medio	86	8	1,14	0,38	
		Interior	201	14	2,44	0,64	
Lea		Primavera	Exterior	86	7	1,73	0,62
			Medio	41	4	1,54	0,77
			Interior	24	5	1,50	0,65
	Verano	Exterior	7	3	1,45	0,91	
		Medio	12	5	1,78	0,77	
		Interior	9	5	2,06	0,89	
	Otoño	Exterior	10	6	2,45	0,95	
		Medio	11	3	1,31	0,83	
		Interior	12	5	1,96	0,84	
	Artibai	Primavera	Exterior	8	3	1,06	0,67
			Medio	11	1	0,00	0,00
			Interior	20	4	0,85	0,42
Verano		Exterior	13	5	2,05	0,88	
		Medio	5	3	1,52	0,96	
		Interior	21	7	2,02	0,72	
Otoño		Exterior	43	7	2,34	0,83	
		Medio	15	6	2,23	0,86	
		Interior	6	2	0,65	0,65	

Estuario	Estación	Tramo	N	S	H'	J'
Deba	Primavera	Exterior	12	7	2,63	0,94
		Medio	16	3	1,27	0,80
		Interior	6	2	0,65	0,65
	Verano	Exterior	4	3	1,50	0,95
		Medio	5	3	1,52	0,96
		Interior	2	1	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	14	7	2,55	0,91
		Medio	4	3	1,50	0,95
		Interior	13	4	1,55	0,77
Urola	Primavera	Exterior	5	4	1,92	0,96
		Medio	29	6	1,34	0,52
		Interior	26	2	0,24	0,24
	Verano	Exterior	37	4	1,04	0,52
		Medio	15	4	1,99	1,00
		Interior	5	1	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	6	3	1,46	0,92
		Medio	9	6	2,28	0,88
		Interior	13	4	1,92	0,96
Oria	Primavera	Exterior	11	3	1,24	0,78
		Medio	20	5	2,20	0,95
		Interior	11	3	1,10	0,69
	Verano	Exterior	8	3	1,30	0,82
		Medio	34	5	1,39	0,60
		Interior	6	1	0,00	0,00
	Otoño	Exterior	8	4	1,75	0,88
		Medio	5	2	0,72	0,72
		Interior	46	5	1,76	0,76
Urumea	Verano	Exterior	21	6	1,93	0,75
		Medio	30	5	2,10	0,91
		Interior	7	2	0,59	0,59
	Otoño	Exterior	32	3	0,78	0,49
		Medio	5	3	1,37	0,87
		Interior	42	5	1,33	0,57
	Primavera	Exterior	10	2	0,88	0,88
		Medio	31	7	2,20	0,78
		Interior	40	6	1,80	0,70
Oiartzun	Primavera	Exterior	21	7	1,91	0,68
		Medio	29	7	2,37	0,85
		Interior 1	12	2	0,41	0,41
		Interior 2	1	1	0,00	0,00
	Verano	Exterior	24	9	2,59	0,82
		Medio	11	7	2,66	0,95
		Interior 1	54	6	1,29	0,50
		Interior 2	9	5	2,20	0,95
	Otoño	Exterior	4	4	2,00	1,00
		Medio	30	14	3,49	0,92
		Interior 1	5	3	1,37	0,87
		Interior 2	2	2	1,00	1,00
Bidaxoa	Primavera	Exterior	24	9	2,77	0,87
		Medio	58	7	1,74	0,62
		Interior 1	23	4	1,30	0,65
		Interior 2	2	2	1,00	1,00
	Verano	Exterior	16	11	3,33	0,96
		Medio	50	3	0,47	0,31
		Interior 1	6	3	1,46	0,92
		Interior 2	39	9	2,61	0,82
	Otoño	Exterior	31	6	1,95	0,75
		Interior 1	29	9	2,58	0,81
		Interior 2	16	2	0,34	0,34

Anexo VII. Datos abióticos utilizados en el análisis estadístico, procedentes de trabajos previos (Borja *et al.*, 2006). Clave: hab= habitantes.

	Artibai	Barbadun	Bidasoa	Butroe	Deba	Lea	Nerbioi	Oiartzun	Oka	Oria	Urola	Urumea
Población (millones de hab)	305,8	320,7	1.020,5	207,5	111,4	175,2	3.623,5	2.151,3	85,3	89,8	211,7	2.957,7
Establecimientos industriales (hab-eq)	1.054	407	7.013	728	931	577	65.337	24.164	421	1.082	844	1.329
Puertos (nº)	1	0	5	1	1	1	5	3	1	1	1	0
Área portuaria (Ha)	123.137	0	216.277	79.798	75.396	21.236	21.372.361	922.980	10.488	424.201	178.579	0
Amarres (nº)	202	3	1.682	407	128	178	1.555	200	356	168	638	5
Dragados (Ha)	10,5	0,0	1,1	11,8	0,2	0,0	32,0	20,1	3,0	4,5	6,0	0,0
Superficie agrícola en la cuenca (Ha)	435	396	707	890	507	444	2.264	606	1.000	562	349	328
Prestiones (nº)	83	52	270	78	198	45	499	144	137	149	144	145
Prestiones (nº·km ⁻²)	194,2	70,5	37,7	47,0	272,4	88,2	23,1	147,1	13,4	68,2	146,2	108,6
Prestiones (nº·km ⁻¹)	23,7	11,8	24,3	9,8	36,0	22,5	22,7	26,2	11,0	13,4	25,3	18,8
Índice de presión total	1,3	0,9	1,9	1,1	1,8	0,8	2,8	2,9	1,2	1,4	1,8	1,2
Índice de presiones global	50	27	44	22	29	29	94	52	36	31	54	35
Índice de contaminación del agua	8	10	19	13	33	4	27	39	12	29	23	28
Índice de contaminación del sedimento	34,1	0,0	5,5	0,0	60,8	0,0	82,8	70,0	0,0	17,6	52,9	46,1
chanelport	19,1	0,0	13,2	7,1	3,8	11,3	90,7	66,8	1,9	12,3	10,0	0,0
chaneloother	32,2	46,4	62,4	22,3	56,9	58,4	2,1	24,6	51,4	40,7	36,4	43,8
Pérdida de superficie intermareal (%)	40	81	60	37	45	15	30	55	30	59	57	88
Carga de nutrientes	2.788	2.005	1.233	1.342	9.445	2.016	904	1.629	210	5.331	5.427	3.075
Longitud del estuario (km)	3,5	4,4	11,1	8,0	5,5	2,0	22,0	5,5	12,5	11,1	5,7	7,7
Profundidad media del estuario (m)	10	5	10	10	5	5	30	20	10	10	10	10
Volumen del estuario (Hm ³)	2,18	1,59	45,80	2,20	2,90	1,03	402,10	7,29	12,87	3,13	2,53	6,79
Volumen submareal del estuario (Hm ³)	1,35	0,56	31,06	0,79	1,61	0,38	348,65	5,21	5,73	1,10	1,15	4,35
Área inundable (Ha)	0,455	0,753	6,827	1,599	0,740	0,500	29,240	1,001	10,277	2,360	0,835	1,397
Superficie submareal (%)	66	31	82	22	46	35	72	81	14	16	47	64
Superficie intermareal (%)	34	69	18	78	54	65	28	19	86	84	53	36
Prisma mareal medio	0,23	0,42	6,10	1,37	0,67	0,89	56,80	2,29	12,88	3,37	1,84	1,38
Cuenca de drenaje (km ²)	104,28	128,92	700,00	172,22	530,28	99,27	1.798,77	85,57	183,21	881,99	342,19	272,44
Caudal del afluente principal (m ³ ·s ⁻¹)	2,5	2,9	29,0	4,7	14,0	1,8	36,0	4,8	3,6	26,0	8,0	17,0
Flujo	7	5	33	10	2	3	78	42	149	8	16	13
Tiempo de residencia (días)	0,001	0,010	1,460	0,040	0,040	0,040	223,750	35,460	62,620	0,250	0,170	0,330
Distancia al talud (km)	16,38	24,28	9,54	17,25	18,18	13,80	22,84	22,68	15,80	16,40	16,10	18,20
Distancia a la bocana (km)	0,34	0,97	2,90	0,58	0,88	0,80	3,70	0,28	1,90	0,69	0,60	1,60
Orientación de la bocana (grados)	45	0	45	315	0	0	315	0	0	0	315	315

Prestiones
Hidromorfología

Anexo VIII. Valor de calidad obtenido en base al AZTI's Fish Index (AFI), para cada tramo de estuario y masa de agua muestreados en primavera, verano y otoño de 2008, 2009 y 2010. Clave: Época: P=Primavera, V=Verano, O=Otoño; E= tramo exterior; M= tramo medio; I= tramo interior (dos tramos interiores en Oiartzun y Bidasoa).

Masa de agua	Época	E.	M.	I (1)	I (2)	AFI	Estado
Barbadun	P-09	0,389	0,389	0,500		0,389	Moderado
	V-09	0,611	0,444	0,500		0,538	Moderado
	O-09	0,444	0,444	0,389		0,441	Moderado
Nerbioi	P-09	0,556	0,389	0,500		0,477	Moderado
	V-09	0,389	0,389	0,500		0,422	Moderado
	O-09	0,333	0,000	0,556		0,293	Deficiente
Butroe	P-08	0,611	0,389	0,444		0,549	Moderado
	V-08	0,500	0,389	0,444		0,473	Moderado
	O-08	0,556	0,778	0,556		0,591	Bueno
Oka exterior	P-08	0,444	0,444			0,444	Moderado
	V-08	0,500	0,556			0,525	Moderado
	O-08	0,556	0,611			0,581	Bueno
Oka interior	P-08			0,500		0,500	Moderado
	V-08			0,500		0,500	Moderado
	O-08			0,556		0,556	Bueno
Lea	P-08	0,500	0,389	0,444		0,450	Moderado
	V-08	0,389	0,500	0,500		0,444	Moderado
	O-08	0,500	0,389	0,444		0,450	Moderado
Artibai	P-08	0,500	0,333	0,444		0,450	Moderado
	V-08	0,611	0,389	0,500		0,539	Moderado
	O-08	0,556	0,500	0,389		0,517	Moderado
Deba	P-09	0,667	0,444	0,389		0,461	Moderado
	V-09	0,556	0,389	0,333		0,394	Moderado
	O-09	0,667	0,556	0,500		0,550	Bueno
Urola	P-10	0,500	0,500	0,389		0,487	Moderado
	V-10	0,444	0,500	0,333		0,443	Moderado
	O-10	0,389	0,556	0,389		0,426	Moderado
Oria	P-09	0,556	0,444	0,500		0,498	Moderado
	V-09	0,500	0,444	0,333		0,439	Moderado
	O-09	0,611	0,389	0,500		0,497	Moderado
Urumea	P-10	0,611	0,556	0,556		0,586	Bueno
	V-10	0,444	0,444	0,500		0,453	Moderado
	O-10	0,556	0,444	0,500		0,514	Moderado
Oiartzun	P-10	0,444	0,389	0,389	0,333	0,397	Moderado
	V-10	0,556	0,500	0,389	0,389	0,461	Moderado
	O-10	0,500	0,722	0,389	0,389	0,489	Moderado
Bidasoa	P-10	0,389	0,389	0,333	0,389	0,381	Moderado
	V-10	0,667	0,444	0,333	0,000	0,448	Moderado
	O-10	0,611	0,556	0,444	0,444	0,544	Moderado



www.azti.es

azti
tecnalia

Txatxaramendi ugartea z/g
48395 Sukarrieta (Bizkaia)
Tel.: +34 94 657 40 00
Fax: +34 94 657 25 55

Herrera Kaia, Portualdea z/g
20110 Pasaia (Gipuzkoa)

Parque Tecnológico de Bizkaia
Astondo bidea. Edificio 609.
48160 Derio (Bizkaia)