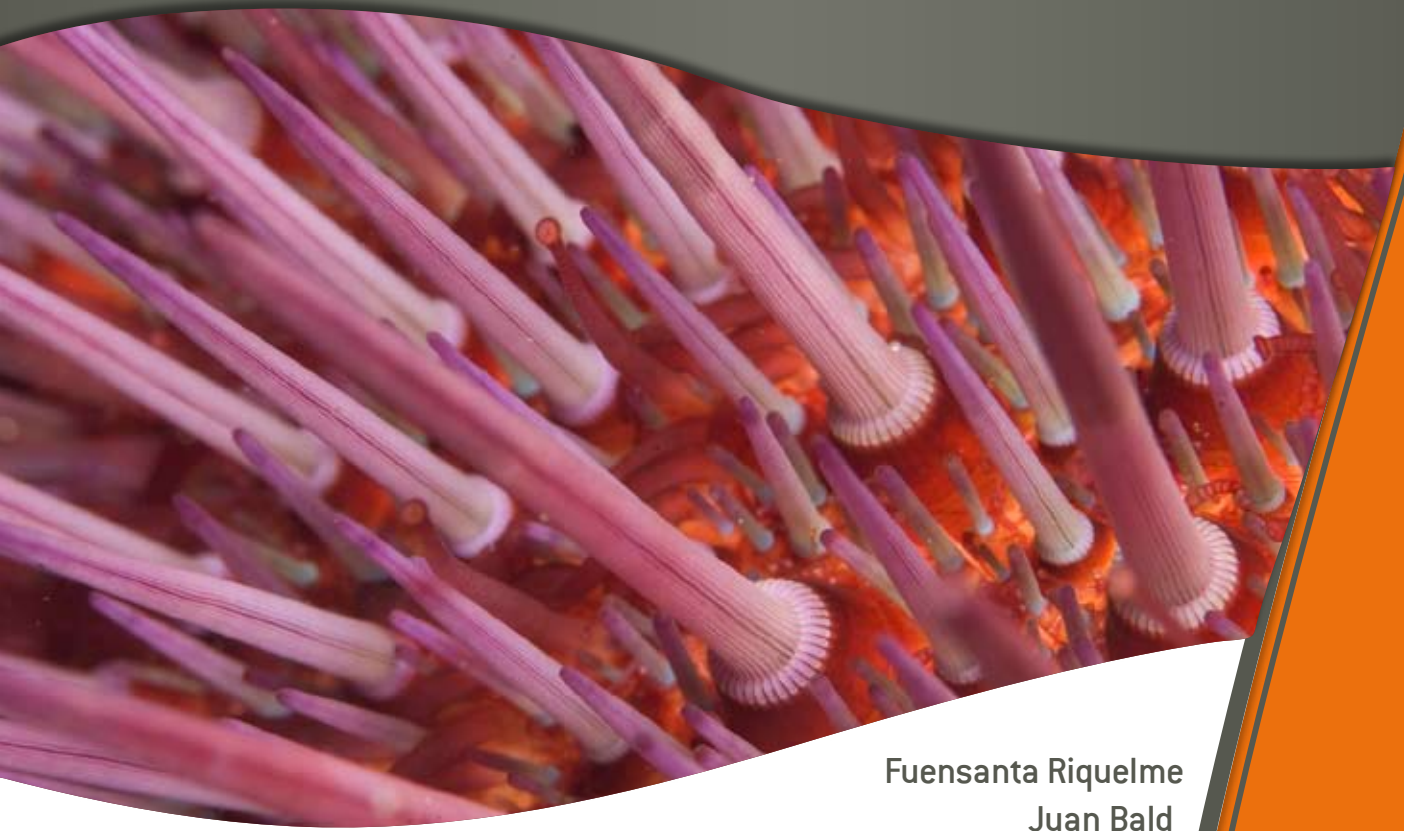
azti tecnalia

2013

20(9) Análisis de la idoneidad del hábitat del erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) en el litoral del País Vasco



Fuensanta Riquelme
Juan Bald
Ibon Galparsoro
Pedro Liria
Iratxe Menchaca
José German Rodríguez

Revista de Investigación Marina

Riquelme, F., Bald, J., Galparsoro, I., Liria, P., Menchaca I. y Rodríguez, J.G., 2013. Análisis de la idoneidad del hábitat del erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) en el litoral del País Vasco. Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia, 20(9): 149-163

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 Octubre 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

© AZTI-Tecnalia 2013. **Distribución gratuita en formato PDF a través de la web: www.azti.es/RIM**

Análisis de la idoneidad del hábitat del erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) en el litoral del País Vasco

Fuensanta Riquelme[1], Juan Bald[2], Ibon Galparsoro, Pedro Liria, Iratxe Menchaca y José German Rodríguez

Resumen

En el País Vasco, en los últimos años, se ha producido un creciente interés gastronómico por el erizo de mar *Paracentrotus lividus*; esto se ha traducido en iniciativas encaminadas a la explotación de esta especie del litoral vasco. Estas iniciativas suscitaron el desarrollo de un proyecto de evaluación de la biomasa del erizo de mar que viene siendo ejecutado por AZTI-Tecnalia desde 2007 para la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco. Así, actualmente se dispone de información relativa al estado de las poblaciones de erizo de mar desde Ea (Bizkaia) hasta Hondarribia (Gipuzkoa): densidad, biomasas, estructura en tallas, etc. Paralelamente, es posible recopilar información relacionada con aspectos hidrológicos, geomorfológicos y biológicos en las mismas zonas en las que se ha llevado la caracterización de las poblaciones de erizo de mar. Así, el objetivo del presente trabajo ha consistido en relacionar ambas fuentes de información e identificar aquéllas variables bióticas y abióticas que pudieran estar relacionadas y explicar la distribución y estructura de las poblaciones de erizo de mar en el litoral del País Vasco. Los resultados obtenidos muestran una relación de la densidad, cobertura y tamaño medio de los erizos de mar con la cobertura de las algas *Gelidium corneum* y *Corallina elongata*, así como con el flujo de la energía del oleaje incidente.

Palabras clave: *Paracentrotus lividus*; *Gelidium corneum; Corallina elongata;* energía del oleaje*;* idoneidad del hábitat.

Abstract

Over the past few years the gastronomic interest on the sea urchin *Paracentrotus lividus* has increased in the Basque Country; this has resulted in initiatives to exploit this species in the Basque coast. These initiatives sparked the development of an assessment project of the sea urchin biomass, which is being executed by AZTI-Tecnalia since 2007, to the Directorate of Fisheries and Aquaculture of the Basque Government. Thus, currently information is available on status of sea urchin populations from Ea (Bizkaia) to Hondarribia (Gipuzkoa); density, biomass, size structure, etc. In parallel, it is possible to collect information related to hydrological, geomorphological and biological processes and in the same areas in which it has been the characterization of sea urchin populations. Therefore, the objective of this work was to relate both sources of information, identify those biotic and abiotic variables that could be related and to explain the distribution and structure of sea urchin populations on the Basque coast. The results show a relation of the density, coverage and average size of the sea urchins with the coverage of the algae *Gelidium corneum* and *Corallina elongata*, and also with the energy flow of incident wave.

Key words: *Paracentrotus lividus*; *Gelidium corneum; Corallina elongata;* wave energy*;* habitat suitability.

Introducción

Existe una larga tradición en muchas culturas de consumo de gónadas de erizo de mar, particularmente en Asia, Polinesia, el Mediterráneo y Chile (Andrew *et al.*, 2002). La producción mundial de erizo se incrementó de forma paulatina desde 1960, hasta alcanzar en 1995 un pico de aproximadamente 120.000 t (Andrew *et al.*, 2002, Williams, 2002), siendo Chile, Japón, Estados Unidos, Rusia, China (debido principalmente a su cultivo) y Canadá los máximos productores (FAO, 2006). España también es un productor importante de erizo de mar en Europa (más de 740 t año^{-1} sólo en la Comunidad Autónoma de Galicia; www.pescadegalicia.com) (González-Irusta *et al.*, 2009). En otros lugares como Cádiz y Málaga, Daza *et al*. (2002) describen la extracción de erizo como una actividad de economía sumergida, siendo una ocupación compartida con otras actividades profesionales durante ciertas épocas del año. Así, la principal salida del erizo es actualmente el mercado local, entendiéndose como tal el mercado de poblaciones litorales y provincias cercanas a las de explotación.

AZTI-Tecnalia, Unidad de Investigación Marina, Herrera Kaia, Portualdea z/g, 20110 Pasaia, España

[1] *fuensanta.riquelme@hotmail.es*
[2] *jbald@azti.es*

En el País Vasco, en los últimos años, se ha producido un creciente interés gastronómico por el erizo de mar *Paracentrotus lividus* por lo que se han originado iniciativas encaminadas a su explotación. En 2007, estas iniciativas suscitaron que la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco encomendase a AZTI-Tecnalia la ejecución de un proyecto de evaluación de la biomasa submareal de erizo de mar entre el municipio de Ea y el Cabo de Santa Catalina (Bizkaia) (Bald *et al.*, 2007). Dicho proyecto ha tenido su continuidad hasta la actualidad de tal forma que se dispone de información relativa a la distribución del erizo de mar en el tramo litoral comprendido entre el municipio de Ea (Bizkaia) y Hondarribia (Gipuzkoa) (Menchaca y Bald, 2012).

La especie objetivo de este estudio es *Paracentrotus lividus* (Lamark, 1816) (Echinodermata, Echinoidea). Es una especie de amplia distribución tanto en el Mediterráneo como en el noreste Atlántico, refiriéndose en este último a toda la costa que va desde Escocia e Irlanda hasta el sur de Marruecos y las islas Canarias (Bouderesque y Verlaque, 2001). Ocupa, principalmente, fondos someros de sustrato duro (Besteiro y Ugorri, 1988) y a menos de 5 m de profundidad es donde se agregan formando "manchas" de alta densidad (Tuya *et al.*, 2007). Habita preferentemente sustratos de baja inclinación, situados en zonas expuestas o semiexpuestas (Bulleri *et al.*, 1999), y según Vega y Romero (2011) la especie en cuestión tiene tendencia a permanecer en zonas con alta acción del oleaje donde ocupa grietas y oquedades excavadas por ellos mismos. Otra característica que señalan estos últimos autores es que en las zonas próximas a los erizos y debajo de los mismos se suelen encontrar varias especies de algas entre las que destacan las rodofitas, después las feofitas y, con menos importancia, las clorofitas.

La información generada a raíz del proyecto llevado a cabo por AZTI-Tecnalia (Menchaca y Bald, 2012) en cuanto a la distribución del erizo de mar en el litoral vasco, junto con información adicional existente, se puede realizar un estudio en profundidad de los requerimientos ambientales de la especie *P. lividus*. Así, entre la información adicional se cuenta con: (a) el cálculo de cobertura espacial de las especies algales que se pueden observar en las muestras tomadas en este proyecto, (b) el cálculo de cobertura espacial del erizo de mar, (c) la información sobre las características del fondo marino obtenidas desde 2004 en la costa vasca por Galparsoro *et al.* (2008), (d) la información del flujo de la energía incidente del oleaje obtenida mediante métodos de propagación a partir de unos casos representativos desde aguas profundas hasta la costa en todo el litoral, (e) datos de los hábitats (según la clasificación EUNIS) y (f) tipos de litología (según la clasificación del Gobierno Vasco) que están presentes en esta misma área.

Los modelos de distribución de hábitats relacionan estadísticamente las observaciones de campo realizadas de una determinada especie con una serie de características ambientales específicas que definen el nicho ecológico de la misma (Guisan y Zimmermann, 2000, Hirzel y Guisan, 2002). Este tipo de análisis ha ayudado a la mejor comprensión de las necesidades o requerimientos de determinadas especies en relación con el nicho ecológico en el cual viven; así como a la hora de predecir la distribución espacial de determinadas especies. Por tanto, el principal objetivo del presente trabajo consiste en llevar a cabo el análisis de la posible relación entre la distribución de las poblaciones de erizo de mar (*Paracentrotus lividus*) y los diversos factores ambientales y bióticos en la costa del País Vasco.

Como objetivos operativos se plantean los siguientes: (a) el análisis de toda la información disponible en relación a las poblaciones submareales del erizo de mar en la costa del País Vasco recogidas por AZTI-Tecnalia; (b) el análisis de las características del hábitat en el cual se da la presencia del erizo de mar en el litoral vasco (aspectos hidrológicos, biológicos y geomorfológicos) y (c) el análisis de la relación entre los dos factores anteriormente señalados.

Material y métodos

Área de estudio

El área de estudio se corresponde con el litoral comprendido entre los municipios del Ea (Bizkaia) y de Hondarribia (Gipuzkoa) en el País Vasco (Figura 1). Se ha seleccionado esta área de estudio porque es en este tramo donde se dispone de información relativa a la presencia de erizo de mar (Menchaca y Bald, 2012).

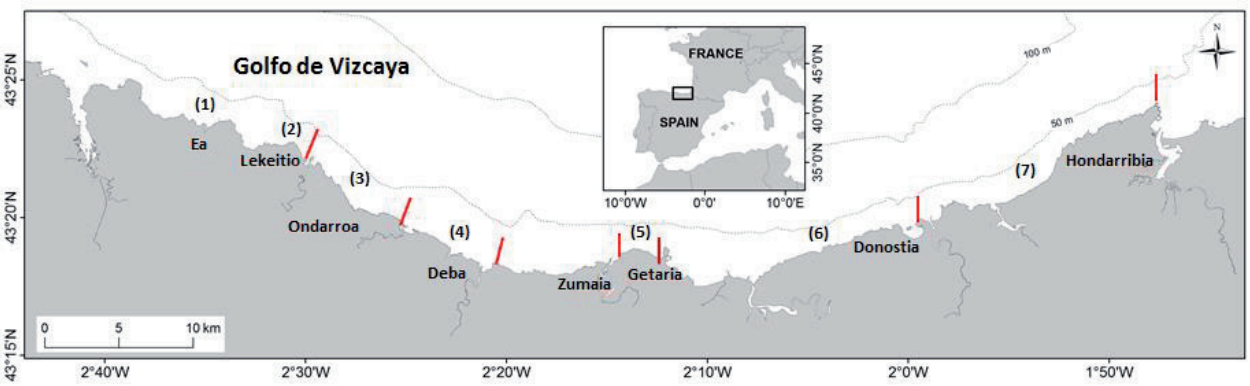


Figura 1. Área de estudio: litoral comprendido entre los municipios de Ea (Bizkaia) y Hondarribia (Gipuzkoa) en el País Vasco. Cada número indica los tramos litorales en los cuales Menchaca y Bald (2012) llevaron a cabo la evaluación del recurso del erizo de mar: 1-zona del Ea; 2- zona de Lekeitio; 3-tramo entre Lekeitio-Ondarroa; 4-tramo entre Ondarroa-Deba; 5-tramo entre Zumaia-Getaria; 6-tramo entre Getaria-Donostia; y 7-tramo entre Donostia-Hondarribia.

Las poblaciones submareales de erizo de mar en la costa del País Vasco

Para conocer cuál es el estado del *P. lividus* en la costa vasca se recurrió a los datos presentes en los trabajos de evaluación realizados por AZTI-Tecnalia entre los años 2007 y 2012 y que se resumen en el trabajo realizado por Menchaca y Bald (2012). Estos son los siguientes: diámetro medio corporal sin espinas (DC, mm), densidad media (D, ind·m^2) y porcentaje medio de cobertura (%) del erizo. Otras variables obtenidas por estos autores, tales como, peso, biomasa, stock explotable, porcentaje de cumplimiento con la talla mínima, etc., no se incluyeron en el análisis debido a que son derivadas de la talla del individuo y su inclusión podría resultar en redundancias y correlaciones seriadas entre los datos.

Características del hábitat

Cobertura algal

El porcentaje de cobertura algal (%) se obtuvo identificando las especies de algas que aparecían en las fotografías tomadas por Menchaca y Bald (2012) en los estudios de evaluación de las poblaciones de erizo de mar del País Vasco. Estas imágenes fueron captadas con una cámara situada en la cúspide de un soporte de acero inoxidable, cuyo objetivo era tener una misma distancia focal (sustrato-cámara) en todas las muestras y una referencia del área de muestreo gracias al recuadro de 50x50 cm de la base del soporte (Figura 2).

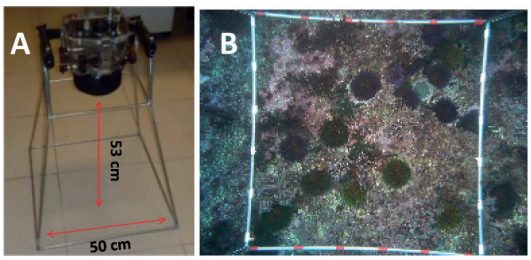


Figura 2. A) Estructura empleada para tomar las muestras; B) Fotografía tomada con la cámara de la estructura de la imagen "A".

El análisis de las imágenes se llevó a cabo con el software *ImageJ* (http://rsbweb.nih.gov/ij/) y con una guía de algas para ayudar en la identificación (Llera y Álvarez, 2007). El programa coloca una malla de 10000 *píxeles* (190-200 puntos) sobre la muestra (foto). Cuanto mayor sea el número de puntos o pixeles sobre la fotografía, mayor será la precisión en la determinación posterior del porcentaje de cobertura. En este sentido, se probaron mallas de $1 \cdot 10^4$, $2 \cdot 10^4$ y $3 \cdot 10^4$ pixeles con distintas fotos, con el fin de determinar la malla adecuada buscando un compromiso entre el esfuerzo a realizar con cada fotografía y la precisión óptima requerida. Posteriormente, de forma manual, cada punto de la malla se asoció a la especie de alga sobre la que está superpuesto. Así, el porcentaje de cobertura de dicha especie se obtiene de la relación entre el número de puntos en los que dicha especie aparece con respecto al número total de puntos de la malla utilizada. Mediante esta misma metodología se calculó el porcentaje de cobertura del erizo de mar en cada uno de los puntos de muestreo.

Flujo de energía incidente del oleaje

Los datos utilizados para conocer el flujo de energía medio del oleaje incidente en cada uno de los puntos de muestreo están basados en la propagación de una serie de casos representativos desde aguas profundas hasta el punto de la costa donde se han tomado las muestras, mediante simulación numérica. Estos datos han sido generados por AZTI-Tecnalia y utilizados en diversos estudios, y cubren toda la plataforma vasca con una resolución que en costa llega a los 25 m. La metodología viene ampliamente explicada en el trabajo realizado por Galparsoro *et al.* (2009). Además, dichos autores utilizaron un coeficiente de distribución vertical para saber el valor del flujo de energía en el primer metro desde el fondo. En el presente trabajo sin embargo, no se ha tenido en cuenta este coeficiente puesto que dada la heterogeneidad y falta de información sobre la profundidad exacta de algunos de los puntos de muestreo se ha creído conveniente utilizar el valor de energía en toda la columna de agua. Así, el indicador elegido para cada punto de muestreo es el valor del flujo de energía del oleaje medio anual incidente en el punto de muestreo, obtenido sobre la batimétrica de 10 m. Este punto se eligió por estar fuera de la zona de rotura del oleaje (en régimen medio) y representar, por tanto, la energía disponible media que actúa sobre el tramo de costa en el que se ubica el punto de muestreo.

Hábitat y litología

Los tipos de hábitats se obtuvieron a partir de varios proyectos de caracterización de hábitats marinos, (Galparsoro *et al.* (2008, 2009), basados en el sistema de clasificación EUNIS (http://eunis.eea.europa.eu/about.jsp) de la Agencia Ambiental Europea. Esta investigación integró diferentes técnicas de teledetección tales como ecosonda multihaz, topografía y batimetría basada en tecnología LIDAR (Light Detection And Ranging) y fotografía aérea (Chust *et al.*, 2007, 2008). Los datos relativos a la litología se obtuvieron a partir del trabajo realizado por EVE (2003).

Análisis estadístico

Con el fin de averiguar si existe alguna relación entre los datos relativos a las poblaciones de *P. lividus* (porcentaje de cobertura, densidad y diámetro del cuerpo) y las características ambientales estudiadas (porcentaje de cobertura algal, flujo de la energía del oleaje incidente, hábitats y litología) se llevó a cabo en primer lugar un análisis de correlación no paramétrico de *Spearman*. Las especies de algas que se incluyeron en dicho análisis fueron aquéllas que se encontraban en al menos un 80% de las estaciones de muestreo de erizo de mar descritas por Menchaca y Bald (2012). Éstas fueron *Gelidium corneum* y *Corallina elongata*.

Posteriormente, para observar gráficamente las relaciones, se construyeron gráficas tipo "box-plot" con las variables que se encontraban correlacionadas de forma significativa de acuerdo con el test anteriormente señalado.

Finalmente, con el fin de llevar a cabo una interpretación integrada de las relaciones obtenidas se llevó a cabo: (a) un análisis de conglomerados o clúster (AC) para estudiar posibles diferencias espaciales, y agrupamiento entre las estaciones de muestreo basado en las variables relativas a las poblaciones de erizo de mar (diámetro del cuerpo, cobertura y densidad) y la cobertura

de las especies algales con las cuales se obtuvieron correlaciones significativas, y (b) un Análisis Factorial (AF) mediante el método de componentes principales como método de extracción basado en las variables relativas a las poblaciones de erizo de mar (diámetro del cuerpo, cobertura y densidad), la cobertura de las especies algales con las cuales se obtuvieron correlaciones significativas y el flujo de la energía del oleaje incidente. Una de las principales dificultades a la hora de estudiar los sistemas naturales es la gran diversidad de variables que intervienen en un momento y en un lugar determinado (Clavero y Carreira, 1991, Clavero, 2003). El AF mediante el método de los componentes principales como método de extracción permite el análisis de las interrelaciones entre un gran número de variables. Las principales aplicaciones de esta técnica analítica son: (a) reducir el número de variables y (b) detectar estructuras en las interrelaciones que existen entre las mismas (Meglen, 1992, Vega *et al.*, 1998).

Todos los análisis estadísticos indicados en el presente trabajo se realizaron mediante el software STATGRAPHICS Centurion XVI Versión 16.1.17.

Resultados

Las poblaciones de erizo de mar *Paracentrotus lividus* en el País Vasco

Los resultados obtenidos por Menchaca y Bald (2012) muestran que la densidad media de la población varía entre 48 y 212 ind·m^{-2}. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 72 ind·m^{-2}, mientras que la zona entre Zumaia y Hondarribia presenta valores superiores en torno a una media de 152 ind·m^{-2} (Tabla 1). La biomasa media varía entre 0,3 g·m^{-2} y 1,9 g·m^{-2} (Menchaca y Bald, 2012). La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 1,21 g·m^{-2}, mientras que la zona entre Zumaia y Hondarribia presenta valores inferiores, en torno a una media de 0,71 ind·m^{-2} (Tabla 1). El porcentaje medio de recubrimiento varía entre 9,44 y 16,15%. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 12,5%, similares a los obtenidos en la zona entre Zumaia y Hondarribia con 13,5% de cobertura (Tabla 1). El diámetro del cuerpo varía entre un valor medio mínimo de 23 mm y un valor medio máximo de 47 mm (Menchaca y Bald, 2012). La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 43 mm, mientras que la zona entre Zumaia y Hondarribia presenta valores inferiores en torno a una media de 29 mm aproximadamente (Tabla 1).

Características del hábitat

Porcentaje de cobertura algal

Las cinco especies de algas que presentan un mayor porcentaje de cobertura en la zona de estudio son *Gelidium corneum*, *Corallina elongata*, *Mesophyllum lichenoides, Lithophyllum incrustans* y *Falkenbergia rufolanosa*. En el Anexo I se muestran además de las especies mencionadas, los resultados de cobertura del resto de especies identificadas.

La cobertura media de *G. corneum* varía entre un 6,3% obtenido en la zona de Ondarroa a Deba y un 41,5% en la zona de Zumaia a Getaria. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 17,3%, algo inferior al obtenido en la zona entre Zumaia y Hondarribia con 19,9% de cobertura (Tabla 2). La cobertura de *C. elongata* varía entre un 0,8% obtenido en Ea en 2010 y un 37,8% en la zona de Getaria a Donostia. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 10,4%, inferior al obtenido en la zona entre Zumaia y Hondarribia con un 30,2% de cobertura (Tabla 2).

La cobertura de *M. lichenoides* varía entre un 0% obtenido en el tramo de Zumaia a Getaria y un 6,4% obtenido en Lekeitio. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 2,3%, superior al obtenido en la zona entre Zumaia y Hondarribia con un 0,7 % de cobertura (Tabla 2). La cobertura de *L. incrustans* varía entre un 0,02% obtenido en Ea en 2009 y un 9,7% en la zona de Ondarroa a Deba. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 3,7%, superior al obtenido en la zona entre Zumaia y Hondarribia con un 0,7% de cobertura (Tabla 2). Por último, la cobertura de *F. rufolanosa* varía entre un 0% obtenido en la zona de Lekeitio a Ondarroa y un 5,9% obtenido

Tabla 1. Promedios de los parámetros biológicos de la población de erizo de mar para cada zona del litoral del País Vasco tomados de Menchaca y Bald (2012) (Columna A) y el promedio calculado en el presente trabajo para los tramos desde Ea hasta Deba y de Zumaia a Hondarribia (Columna B): densidad, biomasa, porcentaje de recubrimiento calculado en el presente trabajo, diámetro del cuerpo (DC).

Zona	Año	Densidad (ind.m^{-2})		Biomasa (kg.m^{-2})		Recubrimiento (%)		DC (mm)	
		A	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
Ea	2008	100,4	72,66	1,9	1,21	12,88	12,59	44,87	43,30
	2009	61,9		1,3		10,93		43,35	
	2010	97,7		1,7		16,15		40,55	
Lekeitio-Ondarroa	2008	62,9		1,1		9,47		43,46	
Lekeitio	2009	63,2		0,6		10,47		39,23	
Ondarroa-Deba	2009	92,8		1,9		16,05		47,15	
Zumaia-Getaria	2010	48,5	152,59	0,8	0,71	9,44	13,51	38,03	28,63
Getaria-Donostia	2010	212,4		0,3		14,06		22,74	
Donostia-Hondarribia	2011	120,7		1,0		13,31		31,74	

en Ea en 2008. La zona comprendida entre Ea y Deba presenta un valor medio de 0,3%, inferior al obtenido en la zona entre Zumaia y Hondarribia con un 2,2% de cobertura (Tabla 2).

Energía del oleaje incidente.

La energía media del oleaje incidente varía entre los 8 $Kw \cdot m^{-1}$ obtenidos en la zona de Lekeitio a Ondarroa y los 17,54 $Kw \cdot m^{-1}$ de la zona de Zumaia a Getaria. La zona comprendida entre Lekeitio y Deba presenta un valor medio de 9,19 $Kw \cdot m^{-1}$, claramente inferior al obtenido en la zona entre Zumaia y Hondarribia con 168 $Kw \cdot m^{-1}$ (Tabla 3).

Hábitats

El área de estudio está representada por cinco hábitats EUNIS distintos (Tabla 4): (a) "Comunidades de mejillón y/o balanos" (código A1,11); (b) "Roca infralitoral de energía moderada" (código A3,2); (c) "Roca infralitoral de baja energía" (código A3,3); (d) "Comunidades Pónticas y Mediterráneas de algas infralitorales muy expuestas a la acción de las olas" (Código A3,13); y (e) "Roca circalitoral de alta energía" (Código A4,1). Sin embargo, los dos hábitats más comunes del litoral sujeto de estudio son los correspondientes con "Comunidades Pónticas y Mediterráneas de algas infralitorales muy expuestas a la acción de las olas" (Código A3,13) y "Roca infralitoral de energía moderada" (código A3,2).

Litología

La Tabla 5 muestra que en Ea la litología predominante se corresponde con los tipos "Megabrechas de bloques calizos" (120), "Areniscas con cemento calcáreo y/o silíceo" (198) y "Areniscas calcáreas, margas y niveles de brechas calcáreas" (127); en la zona de Lekeitio predominan las "Calizas urgonianas estratificadas en bancos decimétricos a métricos" (89); el tramo Lekeitio-Ondarroa está representado fundamentalmente por "Areniscas silíceas con escasos niveles de lutitas" (187); en el tramo Zumaia-Getaria destacan las "Areniscas silíceas estratificadas en bancos potentes" (383) y en el de Getaria-Donostia y Donostia-Hondarribia sólo hay dos tipos de litologías, las "Alternancia de calizas arenosas, areniscas y lutitas" (385) y la "Areniscas silíceas estratificadas en bancos potentes" (383).

Relación entre la distribución del erizo de mar y las características del hábitat

De acuerdo con el análisis de correlación realizado, el porcentaje de cobertura del erizo de mar se correlaciona de forma significativa ($p<0,05$) con la densidad de erizo, el porcentaje de cobertura de *G. corneum* y el flujo de la energía del oleaje incidente (Tabla 6). El diámetro del cuerpo y la densidad de erizo de mar se correlacionan también de forma significativa con el porcentaje de cobertura de *C. elongata*, *G. corneum* y con el flujo de energía incidente del oleaje ($p<0,05$) (Tabla 6).

Tabla 2. Porcentaje de cobertura de las algas *Gelidium corneum, Corallina elongata, Mesophyllum lichenoides, Lithophyllum incrustans* y *Falkenbergia rufolanosa* en cada zona del litoral del País Vasco (Columna A) y el promedio calculado en el presente trabajo para los tramos desde Lekeitio hasta Deba y de Zumaia a Hondarribia (Columna B).

Zona	Año	*G. cornum* (%)		*C. elongata* (%)		*M. lichenoides* (%)		*L. incrustans* (%)		*F. rufolanosa* (%)	
		A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
	2008	11,57		3,24		2,38		1,05		5,93	
Ea	2009	16,28		7,16		4,27		0,02		0,07	
	2010	14,42	17,30	0,83	10,39	1,65	2,27	0,91	3,69	3,87	0,35
Lekeitio-Ondarroa	2008	27,85		6,36		1,19		1,96		0	
Lekeitio	2009	14,44		10,39		6,36		0,19		0,2	
Ondarroa-Deba	2009	6,35		15,94		0,49		9,76		1,1	
Zumaia-Getaria	2010	41,52		11,48		0		1,34		0,29	
Getaria-Donostia	2010	14,24	19,94	37,86	30,24	1,9	0,70	0,31	0,75	0,91	2,17
Donostia-Hondarribia	2011	21,43		27,05		0,02		0,95		3,5	

Tabla 3. Energía del oleaje incidente para cada zona del litoral del País Vasco (Columna A) y el promedio calculado en el presente trabajo para los tramos desde Lekeitio hasta Deba y de Zumaia a Hondarribia (Columna B).

Zona	Año	*Energía del oleaje incidente* ($Kw \cdot m^{-1}$)	
		A	B
Ea	2008-2010	13,66	
Lekeitio-Ondarroa	2008	8	9,19
Lekeitio	2009	8,53	
Ondarroa-Deba	2009	11,23	
Zumaia-Getaria	2010	17,54	
Getaria-Donostia	2010	16,2	16,00
Donostia-Hondarribia	2011	15,88	

Tabla 4. Número de estaciones de muestreo de erizo de mar obtenidas por Menchaca y Bald (2012) que se asignan a cada tipología de hábitats (EUNIS) en las diferentes zonas del litoral sujeto de estudio. Clave: **A1,11** = Comunidades de mejillón y/o balanos; **A3,2** = Roca infralitoral de energía moderada; **A3,3** = Roca infralitoral de baja energía; **A3,13** = Comunidades Pónticas y Mediterráneas de algas infralitorales muy expuestas a la acción de las olas; **A4,1** = Roca circalitoral de alta energía.

Zona	Año	A1,11	A3,2	A3,3	A3,13	A4,1
	2008		8		20	
Ea	2009		6		16	
	2010		11		24	
Lekeitio-Ondarroa	2008	5	16		17	
Lekeitio	2009	7	6		5	
Ondarroa-Deba	2009		15		3	
Zumaia-Getaria	2010		3		5	
Getaria-Donostia	2010		2	1	17	39
Donostia-Hondarribia	2011		7		88	

Tabla 5. Litología de los fondos submareales en cada uno de los tramos litorales sujeto de estudio según la clasificación realizada por EVE (2003). Se indica el número de estaciones de muestreo de erizo de mar obtenidas por Menchaca y Bald (2012) que se corresponden con cada una de las clases definidas en cada uno de los tramos litorales estudiados. Clave: **89** = Calizas urgonianas estratificadas en bancos decimétricos a métricos; **90** = Calizas urgonianas estratificadas en bancos métricos a decamétricos; **116** = Margas y margocalizas con belemnitas; **118** = Areniscas, calizas y limolitas; **120** = Megabrechas de bloques calizos; **123** = Margas y limolitas calcáreas negras (margas de Itziar). Lutitas silíceas; **127** = Areniscas calcáreas, margas y niveles de brechas calcáreas; **186** = Lutitas negras. Pasadas de areniscas; **187** = Areniscas silíceas con escasos niveles de lutitas; **196** = Conglomerado poligónico en matriz margosa; **197** = Areniscas con cemento calcáreo y/o silíceo y margas; **198** = Areniscas con cemento calcáreo y/o silíceo; **383** = Areniscas silíceas estratificadas en bancos potentes; **385** = Alternancia de calizas arenosas, areniscas y lutitas; **525** = Depósitos de playa.

Zona	Año	*Litología*														
		89	**90**	**116**	**118**	**120**	**123**	**127**	**186**	**187**	**196**	**197**	**198**	**383**	**385**	**525**
	2008					6		6				5	7			4
Ea	2009					5		6				1	5			4
	2010					9		7				2	9			5
Lekeitio-Ondarroa	2008	9	4	1			2			2						
Lekeitio	2009	5	3	1	1		2		4	21						
Ondarroa-Deba	2009								12	6						
Zumaia-Getaria	2010													5	3	
Getaria-Donostia	2010													20	39	
Donostia-Hondarribia	2011													46	49	

Tabla 6. Resultados del análisis de correlación no paramétrica de Spearman. Los números de la primera fila, (entre -1 y +1), muestran el grado de correlación entre las variables relacionadas; el segundo valor señala el número de casos contemplados en el análisis y el tercer valor señala la significancia de la correlación entre las variables relacionadas (valor de p). Cob.: cobertura; DC: diámetro del cuerpo; D: densidad

	DC (mm)	**Densidad (ind·m^2)**	**Cob. *C. elongata* (%)**	**Cob. *G. Corneum* (%)**	**Energía del oleaje (Kw·m^{-1})**
	-0,1284	0,8065	0,0330	-0,2856	0,1398
%Cob. *P. lividus*	298	298	298	298	298
	0,0269	**-0,5366**	**0,5697**	**0**	**0,0160**
		-0,5382	-0,5283	0,1231	-0,2972
DC (mm) Medio		297	298	298	298
		0	0	0,0338	0
			0,3101	-0,3733	0,2101
D (ind · m^2)			298	298	298
			0	**0**	**0,0003**
				-0,3450	0,1786
%Cob. *C. elongata*				298	289
				0	**0,0021**
					0,0001
% Cob. *G. corneum*					298
					0,9982

Tal y como se puede observar en la Figura 3, la cobertura de *P. lividus* disminuye conforme aumenta la presencia de *G. corneum* y aumenta con la energía del flujo del oleaje. El diámetro del cuerpo del erizo de mar por su parte aumenta con el aumento de la cobertura de *G. corneum* pero disminuye con el aumento de *C. elongata* y el flujo de la energía del oleaje incidente (Figura 4). La densidad poblacional del erizo de mar por su parte disminuye con el aumento de *G. corneum* y aumenta con el aumento de *C. elongata* y con el flujo de la energía del oleaje incidente (Figura 5).

El análisis clúster realizado agrupa las estaciones de muestreo en cuatro grandes grupos (Figura 6). Los grupos I y II reúnen estaciones de muestreo que fundamentalmente pertenecen al tramo litoral situado entre Ea y Getaria y algunas estaciones del litoral entre Getaria y Hondarribia (Tabla 7); y los grupos III y IV reúnen estaciones de muestreo que pertenecen, principalmente, a los tramos litorales situados entre Getaria y Hondarribia y algunas estaciones presentes entre Ea y Getaria (Tabla 7).

De acuerdo con el Análisis Factorial realizado, los tres primeros factores extraídos reúnen el 80% de la variabilidad del sistema, representando el primer factor el 40% de la variabilidad total del sistema (Tabla 8). De acuerdo con el peso de cada variable con respecto a cada factor extraído (Tabla 9), el primer factor se encuentra asociado en el sentido positivo con la cobertura espacial de *Corallina elongata* y en el negativo al diámetro del cuerpo del erizo de mar. El segundo factor se encuentra asociado en el sentido positivo del eje a la densidad y el porcentaje de cobertura de *P. lividus*. Finalmente, el tercer factor se encuentra asociado en el sentido positivo a la energía incidente del oleaje y al porcentaje de cobertura de *Gelidium corneum*.

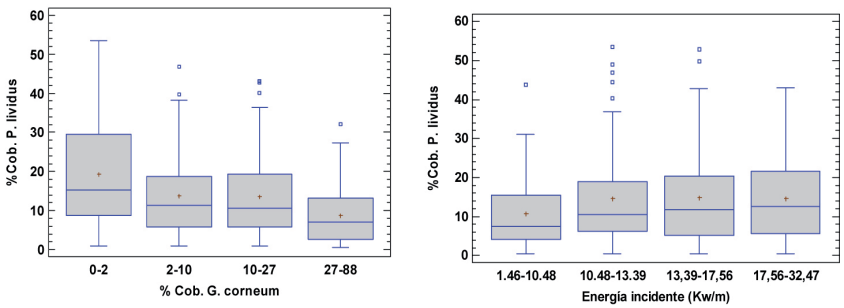


Figura 3. Porcentaje de cobertura del erizo de mar con respecto a la cobertura espacial (%) de *Gelidium corneum* y el flujo de la energía del oleaje incidente ($Kw \cdot m^{-1}$).

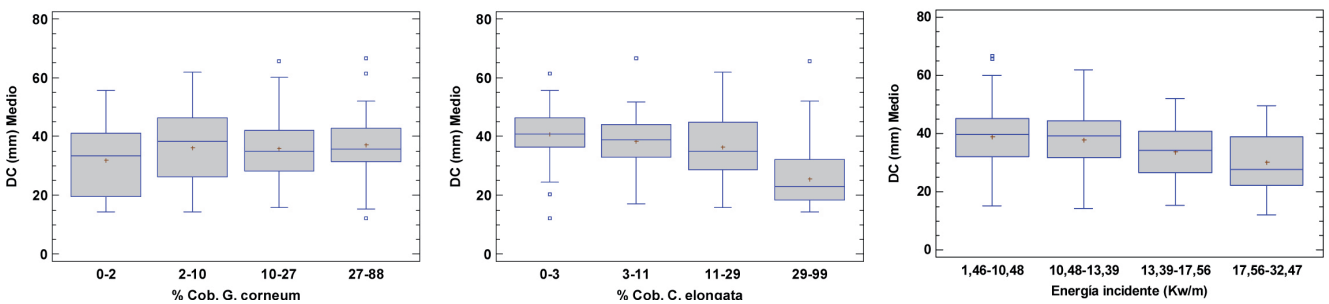


Figura 4. Diámetro del cuerpo del erizo de mar con respecto a la cobertura espacial (%) de *Gelidium corneum, Corallina elongata* y el flujo de la energía del oleaje incidente ($Kw \cdot m^{-1}$).

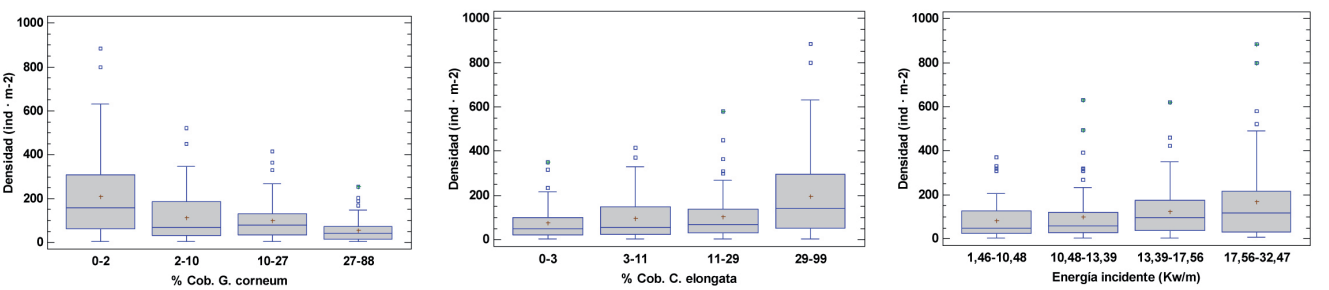


Figura 5. Densidad del erizo de mar con respecto a la cobertura espacial (%) de *Gelidium corneum, Corallina elongata* y el flujo de la energía del oleaje incidente ($Kw \cdot m^{-1}$).

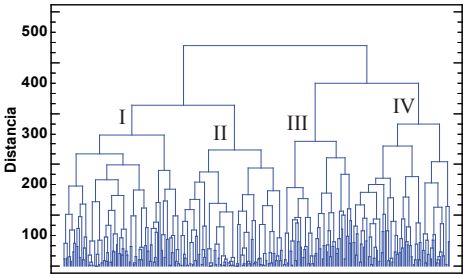


Figura 6. Agrupamientos obtenidos por el Análisis Clúster realizado con los datos de porcentaje de cobertura (%), densidad (mm), diámetro medio del cuerpo de *Paracentrotus lividus (mm)*, cobertura de *Gelidium corneum* (%) y *Corallina elongata* (%)

En la Figura 7 se puede observar la disposición de las estaciones de muestreo identificadas según su pertenencia a cada uno de los grupos obtenidos por el AC en relación con los tres primeros factores extraídos, así como el peso de cada variable con respecto a cada factor con el fin de poder llevar a cabo una mejor interpretación de los resultados. Como se puede ver, en general y de acuerdo con los dos primeros factores extraídos, las estaciones de muestreo del grupo III y IV se caracterizan por presentar una mayor densidad y cobertura de erizo de mar, una mayor cobertura de *Coralina elongata* y un diámetro medio del cuerpo menor que los grupos I y II. Estos últimos se caracterizan por presentar una menor cobertura, densidad y mayor tamaño de los individuos de erizo y una menor cobertura de *C. elongata* (Figura 7). El tercer factor, que se encuentra relacionado con la energía del oleaje incidente y la cobertura de *G. corneum,* no parece discriminar de forma clara los grupos identificados.

Así, los centroides obtenidos por el AC para el grupo I y II presentan una cobertura espacial de erizo de mar de 8 y 9 %, un diámetro medio del cuerpo de 36 y 45 mm, una densidad de erizo de mar de 53 y 46 ind·m^{-2}, una cobertura de *Corallina elongata* del 10 y 9%% y de *Gelidium corneun* de 41 y 7% respectivamente (Tabla 10). Los centroides de los grupos III y IV en cambio, presentan un porcentaje de cobertura del erizo de mar de 32 y 12%, un diámetro medio del cuerpo de 35 y 23 mm, una densidad de erizo de mar de 227 y 197 ind·m^{-2}, un porcentaje de cobertura de *Corallina elongata* de 10 y 50% y un porcentaje de cobertura de *Gelidium corneum* de 9 y 6% respectivamente.

Tabla 7. Porcentaje de estaciones de muestreo de cada uno de los tramos litorales estudiados que pertenecen a cada clúster obtenido.

Tramo litoral	I	II	III	IV
Ea	**22,97**	**51,35**	25,68	0
Lekeitio-Ondarroa	**42,42**	**45,45**	12,12	0
Lekeitio	**6,67**	**53,33**	20	20
Ondarroa-Deba	**5,56**	**61,11**	**27,78**	5,56
Zumaia-Getaria	**75**	**12,50**	**12,50**	0
Getaria-Donostia	22,41	3,45	**13,79**	**60,34**
Donostia-Hondarribia	41,05	5,26	**14,74**	**38,95**

Tabla 8. Valores propios para cada uno de los seis factores extraídos mediante el método de las componentes principales. Asimismo se detalla el porcentaje de varianza explicado por cada factor, así como el porcentaje de varianza acumulado entre todos los factores extraídos.

Nº Factor	Valor propio	% de Varianza	% Acumulado
1	2,45	40,78	40,77
2	1,27	21,19	61,96
3	1,08	18,1	**80,05**
4	0,67	11,3	91,35
5	0,32	5,39	96,75
6	0,2	3,25	100

Tabla 9. Peso de cada variable en relación con cada factor extraído en el análisis factorial.

	Factor 1	Factor 2	Factor 3
Diámetro del cuerpo del erizo (mm)	**-0,80**	-0,18	-0,28
Cobertura de *P. lividus* (%)	-0,12	**0,95**	-0,01
Densidad (ind·m^{-2})	0,44	**0,80**	0,09
Cobertura de *C. elongata* (%)	**0,91**	-0,01	-0,12
Cobertura de *G. corneum* (%)	-0,39	-0,41	**0,65**
Energía incidente del oleaje (Kw·m^{-1})	0,26	0,21	**0,77**

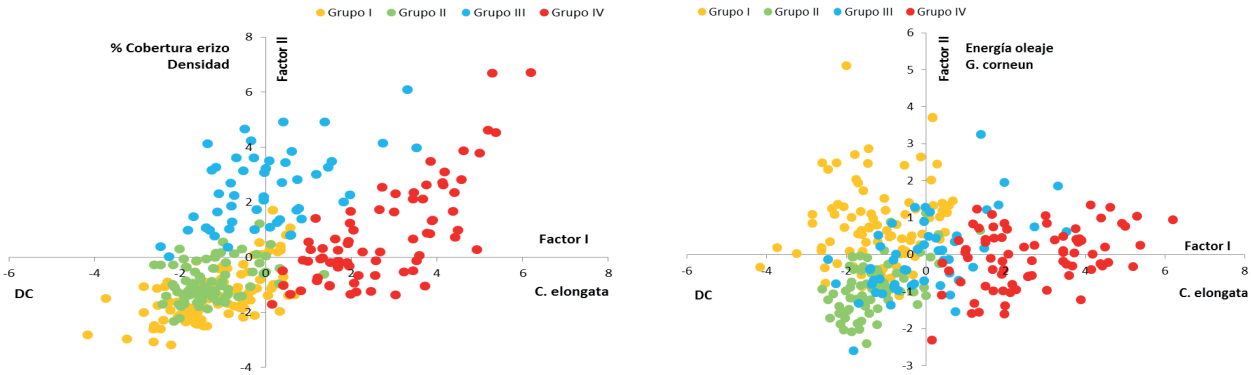


Figura 7. Distribución de las estaciones de muestreo identificadas según su pertenencia a cada uno de los grupos obtenidos por el Análisis de Conglomerados (indicados en colores) en relación con el primer y segundo factor del AF realizado (izquierda) y con respecto al primer y tercer factor del Análisis Factorial realizado (derecha). En los ejes representativos de los fractores se señalan las variables con mayor saturación.

Tabla 10. Valor de cada una de las variables contempladas en el Análisis de Conglomerados en los centroides de cada uno de los grupos obtenidos. Clave: Cob.= cobertura; DC = diámetro medio del cuerpo de erizo de mar; D = densidad de erizo de mar

	Cob. *P. lividus* (%)	DC (mm)	D (ind·m^{-2})	Cob. *C. elongata* (%)	Cob. *G. corneum* (%)
Grupo I	8,34	36,64	53,2	10,25	41,25
Grupo II	9	44,93	46,08	9,3	7,51
Grupo III	32,46	35,08	227,48	10,48	9
Grupo IV	12,21	23,53	197,47	50,75	6,03

Discusión

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo, se observa una relación entre la distribución del erizo de mar y algunas características del hábitat, tales como, la energía del oleaje incidente y la presencia de determinadas especies algales.

Así, teniendo en cuenta las relaciones encontradas, se pueden diferenciar dos grandes zonas, el litoral comprendido entre Ea y Deba y entre Zumaia y Hondarribia. En este último, se observan en general densidades y coberturas mayores de erizo de mar mientras que el diámetro del cuerpo es menor. De igual forma el porcentaje de cobertura de *C. elongata* es mayor y el de *G. corneum* menor. Por el contrario, desde Ea hasta Deba, la cobertura y la densidad del erizo es menor, pero el tamaño de los individuos es mayor, la cobertura de *C. elongata* es menor y la de *G. corneum* mayor.

Estas distribuciones podrían tener relación con: (a) los hábitos alimenticios de *P. lividus* con respecto a las especies algales identificadas; y (b) la energía del oleaje incidente en estrecha relación con la orientación de la costa y la dinámica marina predominante.

En relación con las especies algales identificadas y los hábitos alimenticios de *P. lividus*, la especie que presenta mayor porcentaje de cobertura en el área de estudio es *Gelidium corneum*. Díez *et al.* (2003) consideran esta especie como una de las más abundantes del País Vasco. Su distribución a lo largo de la costa no es constante, en los municipios de Gipuzkoa presenta una densidad y biomasa mayor que en los de Bizkaia (Borja, 1987, 1988). La especie *Corallina elongata* es la siguiente alga con mayor porcentaje de cobertura en este trabajo y Borja (1988) la incluye dentro de las seis principales comunidades bentónicas que pueblan los sustratos rocosos del litoral vasco.

Por lo general, en los lugares donde la presencia de *G. corneum* es mayor la cobertura de *P. lividus* es menor. Fernández y Boudouresque (1997) indican que la linterna de Aristóteles de esta especie es débil y Privitera e*t al*. (2008) señalan que esta especie prefiere algas erectas flexibles. Según Bulleri *et al.* (1999) cuando *P. lividus* adquiere una elevada densidad poblacional puede casi eliminar las macrófitos erectos dando paso así al establecimiento de algas coralinas incrustantes, es lo que se conoce como "barren hábitat". Este efecto se observa precisamente en el tramo litoral entre Zumaia y Hondarribia en donde la cobertura y densidad de erizo de mar es mayor y en donde la presencia de especies algales como *C. elongata* es mayor en detrimento de macrófitos como *G. corneum*.

Sin embargo, Bouderesque y Verlaque (2007) señalan que *C. elongata* está dentro de las especies que *P. lividus* consume cuando mide entre 7 y 10 mm y según Verlaque y Nédélec (1983) está dentro de las especies que conforman entre el 63 y 78% de su dieta. Por tanto, cabría esperar una menor cobertura de *C. elongata* en zonas en donde se da una mayor cobertura y densidad de erizo, es decir, en el litoral anteriormente señalado de Zumaia a Hondarribia. Sin embargo, no se ha observado este comportamiento. Así, según Lemée *et al*. (1995) la preferencia del erizo por esta especie es moderada ya que su calcificación es uno de los motivos por la que los erizos la evitan (Boudouresque y Verlaque, 2001).

Por otro lado, Boudouresque y Verlaque (2007) señalan que *P. lividus* "prefiere" como alimento a *Rissoella verruculosa, Cymodocea nodosa, Cystoseira amentacea, Padina pavonica* y

Undaria pinnatifida pero su elección por el alimento es dependiente de la abundancia relativa de los elementos disponibles (Harper, 1969, J.M., 1975, Verlaque y Nédélec, 1983, Frantzis *et al.*, 1988). Así, este erizo, en zonas de "barren hábitat" ingiere grandes cantidades de algas coralinas incrustantes, *i.e. L. incrustans* (Delmas y M.B., 1986).

En cualquier caso, y con el objetivo de corroborar las hipótesis aquí planteadas, sería necesario llevar a cabo estudios relacionados con el contenido estomacal del erizo de mar en las zonas litorales y estaciones de muestreo que se han tenido en cuenta en el presente trabajo, ya que esta asociación podría ser una simple covarianza con otras variables ambientales, tales como la energía del oleaje incidente, que pudieran regular de forma similar la distribución del erizo de mar y las especies algales descritas.

Por lo que respecta a la energía del oleaje incidente los resultados obtenidos en el presente trabajo coinciden con el conocimiento general de la dinámica marina en la costa vasca descrito por Gonzalez *et al*. (2004). De esta forma, se distinguen dos zonas claramente diferenciadas por la energía del oleaje incidente, el tramo litoral entre Zumaia y Hondarribia y el tramo litoral entre Ea y Deba en Bizkaia en donde la energía del oleaje incidente es menor al observado en el anterior tramo. Así, en los tramos litorales en donde la energía del oleaje incidente es menor, se observan poblaciones de erizo constituidas por individuos de mayor tamaño y menor densidad y cobertura. Por el contrario, en los tramos litorales en donde la energía del oleaje incidente es mayor, los individuos son más pequeños y su cobertura y densidad mayor. De acuerdo con Vega y Romero (2011) los erizos *P. lividus* tienen tendencia a permanecer en zonas donde hay bastante turbulencia y un fuerte oleaje. Según Niell y Pastor (1973), esta situación favorece la captura del alimento suspendido que viene arrastrado por el oleaje, reduciendo, tal y como dicen Tuya *et al.* (2007), la competencia con otros erizos presentes en el área (i.e. *Diadema antillarum y Arbacia lixula*).

Esta relación entre la energía del oleaje incidente y la distribución y tamaño de los individuos es un fenómeno que ya se ha observado en relación con otras especies, tales como el percebe (*Pollicipes pollicipes*), cuya distribución y abundancia depende de su orientación frente al olaje y a la energía que recibe (Borja y Liria, 2009), el bogavante *Homarus gammarus* cuyo comportamiento alimenticio se encuentra limitado a corrientes inferiores a 25 $cm \cdot s^{-1}$ (Shelton *et al.*, 1981, Borja y Liria, 2009) y el mejillón *Perna perna* cuya tasa de crecimiento está fuertemente afectada por la exposición al oleaje (McQuaid y Lindsay, 2000). En las costas sudafricanas el tamaño de los individuos de esta especie difiere marcadamente entre las costas expuestas y las resguardadas, el tamaño medio y máximo son mayores en las zonas expuestas (McQuaid *et al.*, 2000) y crecen dos veces más rápido que en zonas protegidas (McQuaid y Lindsay, 2000).

En cualquier caso, el flujo de la energía del oleaje incidente en el análisis factorial realizado no ha discriminado de forma clara entre los tramos litorales o grupos obtenidos en el análisis de conglomerados. Ante esta situación caben dos posibles explicaciones: (a) por un lado, los datos de energía del oleaje se calcularon extrapolando el dato de energía incidente obtenido en la batimétrica de 10 m como indicador de los puntos de muestreo que están a cotas menores (en torno a 5 m) y cuya profundidad no se conoce con exactitud. Es por esto último por lo que se decidió tomar una profundidad igual para todos los puntos, por lo que cabría realizar un análisis más fino para determinar con mayor exactitud la energía del oleaje en la batimétrica de 5 m, y (b) dentro de un mismo tramo litoral en función de su geomorfología se pueden dar diversidad de situaciones en las que, por ejemplo, a pesar de que la orientación general de un tramo litoral sea propio de una zona muy expuesta (litoral entre Donostia y Hondarribia), la presencia de calas o pequeñas zonas protegidas, haga que muchas de sus estaciones presenten valores de energía del oleaje incidente bajos. Este es el caso del tramo litoral entre Donostia y Hondarribia, en el cual, el 45% de sus estaciones de muestreo se asocian al Grupo I del AC realizado, el cual en general, se asocia a tramos litorales situados en donde la energía del oleaje incidente es menor, mientras que por la orientación de este tramo litoral se esperaría una mayoría de estaciones de muestreo asociadas a altas energías del oleaje incidente. Así, buena parte de dicho 45% de estaciones se sitúan entre la cala Asabaratza y el cabo de Higuer donde la presencia de calas y zonas protegidas de la dirección del oleaje incidente explicaría que dichas estaciones se asemejen más (desde el punto de vista energético) a estaciones de muestreo situadas en el tramo litoral entre Ea y Deba.

Por otro lado, la falta de información relativa a la geomorfología del fondo marino en la batimétrica de 5 m (rugosidad, pendiente, etc.) ha impedido realizar un análisis espacial basado en metodologías similares al Ecological Niche Factor Analysis (Hirzel *et al.*, 2002), modelos multiplicativos no paramétricos (McCune, 2006) o similares. Estos modelos de distribución de hábitats relacionan estadísticamente las observaciones de campo realizadas en relación con una determinada especie con una serie de características ambientales específicas que caracterizan el nicho ecológico de la misma (Guisan y Zimmermann, 2000, Hirzel y Guisan, 2002). Este tipo de análisis ha ayudado a la mejor comprensión de las necesidades o requerimientos de determinadas especies en relación con el nicho ecológico en el cual viven; así como a la hora de predecir la distribución espacial de determinadas especies. Esta metodología ha sido aplicada a la langosta (*Palinurus argus*) (Bello *et al.*, 2005, Wilson *et al.*, 2007), a las gorgonias de aguas profundas (Bryan y Metaxas, 2007), comunidades del macrobentos (Degraer *et al.*, 2008), en mapas predictivos de la riqueza de especies de peces (Pittman *et al.*, 2007), a *Zostera noltii* y *Z. marina* (Valle *et al.,* 2011, 2013) y el bogavante (Galparsoro *et al.*, 2009).

Así, la aplicación de dichos métodos a especies marinas en estrecha relación con el medio bentónico, exige una información de calidad sobre las características del fondo marino. En este sentido las ecosondas tipo multihaz se han convertido en herramientas muy útiles para la caracterización de los hábitats bentónicos y el estudio de especies marisqueras debido a: (a) la alta resolución de los datos que suministra y (b) la amplia cobertura espacial de la herramienta (Edwards *et al.*, 2003, Kostylev *et al.*, 2003, Orpin *et al.*, 2006, Ryan *et al.*, 2007). Sin embargo, su aplicación en zonas tan someras como las contempladas en el presente trabajo no es posible su utilización. La caracterización de estas zonas se ha llevado a cabo por medio de otras técnicas basadas en batimetrías LIDAR (LiDAR

hidrográfico: Light Detection And Ranging), las cuales sólo se han aplicado en el litoral de Bizkaia (Gipuzkoa). Una vez se dispusiese de la información completa de todo el litoral del País Vasco sería posible y de interés tratar de llevar a cabo un análisis de idoneidad del hábitat basado en las metodologías anteriormente señaladas.

Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos en el presente trabajo se ponen en evidencia varios aspectos.

Se observa una relación significativa entre la distribución de la densidad, cobertura y tamaño medio del erizo de mar y la cobertura de las algas *G. corneum* y *C. elongata*, así como con la energía del oleaje incidente.

La densidad y cobertura de las poblaciones de erizo de mar son mayores en zonas con mayor incidencia de la energía del oleaje, mayor cobertura de *C. elongata* y menor cobertura de *G. corneum*. Por el contrario, el tamaño de los individuos de las poblaciones de erizo de mar es menor en estas zonas. Así, el tramo litoral entre Zumaia y Hondarribia en Gipuzkoa se caracteriza por presentar una población de erizo de mar con una mayor densidad y cobertura y un menor tamaño de los individuos, así como una mayor cobertura de *C. elongata* y menor de *G. corneum*. Por el contrario, el tramo litoral comprendido entre Ea y Deba en Bizkaia presenta la situación inversa con poblaciones de erizo de mar menos densas, menor cobertura y mayor tamaño de los individuos, mientras que la cobertura de *C. elongata* es menor y la de *G. corneum* es mayor.

La coincidencia de mayores coberturas de *C. elongata* y menores de *G. corneum* donde los individuos de erizo de mar son más abundantes podría estar relacionada con los hábitos alimenticios de esta especie de forma que en las zonas donde la abundancia de erizo es mayor se ha producido la disminución de algas macrófitas en favor de algas de tipo incrustante. De igual forma, esta coincidencia podría ser una simple covarianza en la distribución de estas especies algales con las de las poblaciones de erizo de mar, ambas reguladas por los mismos factores ambientales. Por ello, con el fin de comprobar estas hipótesis resultaría necesario realizar estudios basados en el contenido estomacal del erizo de mar.

Agradecimientos

El presente trabajo se ha realizado en la Unidad de Investigación Marina de AZTI-Tecnalia. Mi agradecimiento a los investigadores de dicha Unidad, especialmente a Ángel Borja y María Korta por su atención y dedicación durante el desarrollo del presente trabajo, además de a los co-autores de este trabajo.

Los informes en los que se ha basado la búsqueda del estado de la población de *P. lividus* en la costa vasca son:

a) Informe 2007: proyecto ha sido financiado mediante las ayudas relativas al Fondo Europeo de la Pesca (FEP) reguladas para el período 2007-2013 mediante el Reglamento (CE) 1198/2006, del Consejo, de 27 de julio de 2006.

b) Informes 2008 a 2013 se encuentran dentro del proyecto de Gestión de Recursos Marisqueros que AZTI-Tecnalia realiza para el Dpto. Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco.

El presente trabajo es se desarrolló como tesis del master de "Biodiversidad, Funcionamiento y Gestión de ecosistemas" impartido en la Universidad del País Vasco.

Este artículo es la contribución nº 655 de la Unidad de Investigación Marina de AZTI-Tecnalia.

Bibliografía

Andrew, N. L., Y. Agatsuma, E., Ballesteros, A. G., Bazhin, E. P., Creaser, D. K. A., Barnes, L. W., Botsford, A., Bradbury, A., Campbell, J. D., Dixon, S., Einarsson, P. K., Gerring, K., Hebert, M., Hunter, S. B., Hur, C. R., Johnson, M. A., Juinio-Meñez, P., Kalvass, R. J., Miller, C. A., Moreno, J. S., Palleiro, D., Rivas, S. M. L., Robinson, S. C., Schroeter, R. S., Steneck, R. L., Vadas, D. A.& Xiaoqi, W. Z., 2002. Status and management of World sea urchin fisheries. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review,* 40: 343-425.

Bald, J., Borja, A., Garmendia, J. M., Rodríguez, J. G.& Galparsoro, I., 2007. Evaluación de la biomasa submareal de erizo y anémona entre el municipio de Elantxobe y el Cabo de Santa Catalina (Bizkaia, País Vasco): un análisis para su futura explotación y gestión. *351BI20070011. Informe inédito para la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco*: 102 pp.

Bello, P. J., Rios, L. V., Liceaga, C. M. A., Zetina, M. C., Cervera, C. K., Arceo, B. P.& Hernandez, N. H., 2005. Incorporating spatial analysis of habitat into spiny lobster (Panulirus argus) stock assessment at Alacranes reef, Yucatan, Mexico. *Fisheries Research,* 73: 37-47.

Besteiro, C.& Ugorri, V., 1988. Inventario de dos equinodermos de Galicia (Echinodermata). En: O Castro-Sada (Ed.). *Cadernos da Area de Ciencias Biolóxicas,* (Inventarios). Seminario de Estudios Galegos, A Coruña: 51.

Borja, A., 1987. Cartografía, evaluación de la biomasa y arribazones del alga *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur, en la costa guipuzcoana (N. de España) vasca. 1. La costa guipuzcoana. *Inv. Pesq.,* 51 (2): 199-224.

Borja, A., 1988. Cartografía y evaluación de la biomasa del alga *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur. 1876 en la costa vizcaína (N. de España). *Inv. Pesq.,* 52(1): 85-107.

Borja, A.& Liria, P., 2009. El Recurso Marisquero de Percebe (*Pollicipes pollicipes*) en la Costa Vasca: Relaciones con la Energía del Oleaje, entre 2004 y 2009. Informe de AZTI-Tecnalia para el Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Gobierno Vasco. 57 pp.

Bouderesque, C. F.& Verlaque, M. 2001. Ecology of Paracentrotus lividus. *In:* Lawrence, J. M. (ed.) *Edible Sea URchins: Biology and Ecology.* Elsevier Amsterdam.

Boudouresque, C. F.& Verlaque, M., 2001. Ecology of *Paracentrotus lividus.* In: Lawrence J.M. (ed) Edible sea urchins: biology and ecology. *Elsevier Science, Ambsterdam,* 32.

Boudouresque, F. C.& Verlaque, M., 2007. Ecology of *Paracentrotus lividus*. *Elsevier*: 243-285.

Boudouresque, F. C.& Verlaque, M., 2007. Ecology of Paracentrotus lividus. In *Edible Sea Urchins: Biology and Ecology.* J. M. Lawrence (Ed). *Elsevier Amsterdam*: 177-216.

Bryan, T. L.& Metaxas, A., 2007. Predicting suitable habitat for deep-water gorgonian corals on the Atlantic and Pacific Continental Margins of North America. *Mar. Ecol. Prog. Ser.,* 330: 113–126.

Bulleri, F., Beneditti-Cecchi, L.& Cinelli, F., 1999. Grazing by the sea urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. in the Northwest Mediterranean. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.,* 241: 81-95.

Bulleri, F., Beneditti-Cecchi, L.& Cinelli, F., 1999. Grazing by the Sea

Urchins *Arbacia lixula* L. and *Paracentrotus lividus* Lam. In the Northwest Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology,* 241.1: 81-95.

Clavero, V. 2003. Aplicación del análisis de componentes principales para la evaluación de impacto ambiental en el medio marino. *In:* Pérez-Ruzafa, A., Marcos, C., Salas, F., Zamora, S. (eds.) *Perspectivas y herramientas en el estudio de la contaminación marina.* Murcia: Universidad de Murcia. Universidad Internacional del Mar.

Clavero, V.& Carreira, J. A. 1991. Evaluación de impacto ambiental producido por el aterramiento de materiales en la zona de Alcabre-Bouzas (Ría de Vigo).

Chust, G., Galparsoro, I., Borja, Á., Franco, J., Beltrán, B.& Uriarte, A., 2007. Detección de cambios recientes en la costa vasca mediante ortofotografía. Lurralde 30: 59-72 (in Spanish).

Chust, G., Galparsoro, I., Borja, Á., Franco, J.& Uriarte, A., 2008. Coastal and estuarine habitat mapping, using LIDAR height and intensity and multi-spectral imagery. *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 78: 633-643.

Daza, J. L., Del Castillo y Rey, F.& Márquez, I., 2002. La pesquería del erizo y anémona de mar en el litoral de Cádiz y Málaga. *JUNTA DE ANDALUCÍA. Consejería de Agricultura y Pesca*.

Degraer, S., Verfaillie, E., Willems, W., Adriaens, E., Vincx, M.& Van Lancker, V., 2008. Habitat suitability modelling as a mapping tool for macrobenthic communities: an example from the Belgian part of the North Sea. *Cont. Shelf Res.,* 28: 369–379.

Delmas, P.& M.B., R., 1986. Données préliminaires sur le contenu digestif de l'orsin comestible *P. lividus* (Lamarck) soumis à l'influence d'effluents domestiques. . *Mar Environ Res,* 20: 197-220.

Díez, I., Santolaria, A.& Gorostiaga, J. M., 2003. The relationship of environmental factors to the structure and distribution of subtial seaweed vegetation of the western Basque coast (N Spain) *Estuarine, Coastal and Shelf Science,* 56: 1041-1054.

Edwards, B. D., Dartnell, P., Chezar, H.& . 2003. Characterizing benthic substrates of Santa Monica Bay with seafloor photography and multibeam sonar imagery. *Mar. Environ.Res.,* 56: 47–66.

EVE, 2003. Mapa geológico del País Vasco. Mapa, memoria y bases de datos. Escala 1/25.000. Ente Vasco de la Energía. ISBN: 84-8129-054-8 (in Spanish).

FAO, 2006. Fishstat Plus, Dataset-Total Fishery Production (1996-2006).

Fernández, C.& Boudouresque, C. F., 1997. Phenotypic plasticty of Paracentrotus lividus (Echinodermata: Echinoidea) in a lagoonal environment. *Mar Ecol. Progr. Ser.,* 152: 145-154.

Frantzis, A., Berthon, J. F.& Maggiore, F., 1988. Relations trophiques entre les oursins *Arbacia lixula* et *Paracentrotus lividus* (Echinoidea Regularia) et le phytobenthos infralittoral superficiel dans la baie de Prot-Cros (Var, France). *Sci. Rep. Port-Cros. Natl. Park,* 14: 81-140.

Galparsoro, I., Borja, A., Bald, J., Liria, P.& Chust, G., 2009. Predicting suitable habitat for the European lobster (*Homarus gammarus*), on the Basque continental shelf (Bay of Biscay), using Ecological-Niche Factor Analysis. *Ecological Modelling,* 220: 556-567.

Galparsoro, I., Chust, G., Hernández, C., Borja, Á., del campo, A.& Uriarte, A., 2008. Seafloor cartography and habitat mapping of the Basque inner continental shelf. XI International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay: Unidad de Investigación Marina de Tecnalia, Pasaia. pp. 102-103.

González-Irusta, J. M., Goñi de Cerio, F.& Canteras, J. C., 2009. Reproductive cycle of the sea urchin *Paracentrotus lividus* in the Cantabrian Sea (northern Spain): environmental effects. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*: 11.

González, M., Uriarte, A., Fontán, A., Mader, J.& Gyssels, P., 2004. Marine dynamics. Borja, A. and Collins, M. (Eds.). *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country. Elsevier Oceanography Series,* 70: 133-157.

Guisan, A.& Zimmermann, N., 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling,* 135: 147-186.

Harper, J. L., 1969. The role of predation in vegetational diversity. . *Brookhaven Symp. Biol.,* 22: 48-62.

Hirzel, A.& Guisan, A., 2002. Which is the optimal sampling strategy for habitat suitability modelling. *Ecol. Model.,* 157: 331–341.

Hirzel, A. H., Hausser, J., Chessel, D.& Perrin, N., 2002. Ecological-niche factor analysis: How to compute habitat suitability maps without absence data? *Ecology,* 83: 2027-2036.

J.M., L., 1975. On the relationships between marine plants and sea urchins. . *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev,* 13: 213-286.

Kostylev, V. E., Courtney, R. C., Robert, G.& Todd, B. J., 2003. Stock evaluation of giant scallop (Placopecten magellanicus) using high-resolution acoustics for seabed mapping. *Fish. Res.,* 60: 479–492.

Llera, E. M.& Álvarez, J. 2007. *In:* Consejería de Medio Ambiente, O. d. T. e. I., Caixa", O. S. l. (eds.) *Algas marinas de Asturias.*

McCune, B., 2006. Non-parametric habitat models with automatic interactions. *J. Veg. Sci.,* 17.

McQuaid, C. D., Lidsay, J. R.& Lindsay, T. L., 2000. Interactive effects of wave exposure and tidal height on population structure of the mussel *Perna perna* Linnaeus. *Mar Biology,* 137: 925-932.

McQuaid, C. D.& Lindsay, T. L., 2000. The effect of wave exposure on growth and mortality rates of the mussel *Perna perna*: bottom-up regulation of intertidal populations. *Mar Ecol. Progr. Ser* . 206 pp.

Meglen, R. R., 1992. Examining large databases: a chemometric approach using principal component analysis. *Marine Chemistry,* 39: 217-237.

Menchaca, I.& Bald, J., 2012. Evaluación de la biomasa submareal de erizo de mar entre los municipios de Elantxobe y Hondarribia (Gipuzkoa, País Vasco). *Informe de AZTI-Tecnalia para la Dirección de Pesca y Acuicultura del Gobierno Vasco,* 105 pp.

Niell, F. X.& Pastor, R., 1973. Relaciones tróficas de *Paracentrotus lividus* (Lmk) en la zona litoral. *Inv. Pesq.,* 37 (1): 1-7.

Orpin, A. R., Kostylev, V. E.& . 2006. Towards a statistically valid method of textural sea floor characterization of benthic habitats. *Mar. Geol.,* 225: 209–222.

Pittman, S. J., Christensen, J. D., Caldow, C., Menza, C.& Monaco, M. E., 2007. Predictive mapping of fish species richness across shallow-water seascapes in the Caribbean. *Ecol. Model.,* 204: 9-21.

Privitera, D., Chiantore, M., Mangialajo, L., Glavic, N., Kozul, W.& Cattaneo-Vietti, R., 2008. Inter- and intra-specific sompetition between *Paracentrotus lividus* and *Arbacia lixula* in resource-limited barren areas. *J. Sea Res.,* 60: 184-192.

Ryan, D. A., Brooke, B. P., Collins, L. B., Kendrick, G. A., Baxter, K. J., Bickers, A. N., Siwabessy, P. J. W.& Pattiaratchi, C. B., 2007. The influence of geomorphology and sedimentary processes on shallow-water benthic habitat distribution: Esperance Bay, Western Australia. *Estuar. Coast. Shelf Sci.,* 72: 379–386.

Shelton, P. M. J., Shelton, R. G. J.& Richards, P. R., 1981. Eye development in relation to molt stage in the European lobster *Homarus gammarus* (L). *J. Conseil,* 39 (3): 239-243.

Tuya, F., Cisneros-Aguirre, J., Ortega-Borges, L.& Haroun, R. J., 2007. Bathymetric segregation of sea urchins on reefs of the Canarian Archipelago: Role of flow-induced forces. *Est. Coast. Shelf Sci.,* 73: 481-488.

Valle, M., Á. Borja, G. Chust, I. Galparsoro, J. M. Garmendia, 2011. Modelling suitable estuarine habitats for Zostera noltii, using Ecological Niche Factor Analysis and Bathymetric LiDAR. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 94: 144-154.

Valle, M., M. M. van Katwijk, D. J. de Jong, T. J. Bouma, A. M. Schipper, G. Chust, B. M. Benito, J. M. Garmendia, Á. Borja, 2013. Comparing the performance of species distribution models of Zostera marina: Implications for conservation. Journal of Sea Research.

Vega, M., Pardo, R., Barrado, E.& Deban, L., 1998. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research,* 32: 3581-3592.

Vega, W.& Romero, V., 2011. Patrón de distribución espacial de Paracentrotus lividus. *Anales Universitarios de Etología,* 5: 21-30.

Verlaque, M.& Nédélec, H., 1983. Biologie de Paracentrotus lividus (Lamark) sur substratum rocheux en Corse (Mèditerranèe, France): alimantacion des adultes. *Vie Milieu,* 33: 191-202.

Verlaque, M.& Nédélec, H., 1983. note préliminaire sur les relations

biotiques *Paracentrotus lividus* (Lmk.) et herbier de posidonies. *Rapp. P.V. Réun. Commiss. Int. Explor. Sci. Mer Médit,* 28 (3): 157-158.

Wilson, M. F. J., O'Connell, B., Brown, C., Guinan, J. C.& Grehan, A., 2007. Multiscale terrain analysis of multibeam bathymetry data for habitat mapping on the continental slope. *Mar. Geod.,* 30: 3-35.

Williams, H., 2002. Sea Urchin Fisheries of the World: A Review of Their Status, Management Strategies and Biologycal of the Principal Species. *Department of Primary Industries, Water and Environment. Tasmania*: 29 pp.

ANEXO I

Porcentaje de cobertura de todas las especies de algas encontradas en cada una de las zonas muestreadas. El término "Otros" hace referencia a otros organismos (peces, anémonas, esponjas y objetos extraños) y el "No identificados" corresponde a especies no identificadas debido al reducido tamaño que presentaban o a la mala calidad de la imagen.

	Ea (%)			Lekeitio-Ondarroa (%)	Lekeitio (%)	Ondarroa-Deba (%)	Zumaia-Getaria (%)	Getaria-Donostia (%)	Donostia-Hondarribia (%)
Especies	**2008**	**2009**	**2010**	**2008**	**2009**	**2009**	**2010**	**2010**	**2011**
G. Corneum	11,57	16,28	14,42	27,85	14,44	6,35	41,52	14,24	21,43
C. elongata	3,24	7,16	0,83	6,36	10,39	15,94	11,48	37,86	27,05
L. incrustans	1,05	0,02	0,91	1,96	0,19	9,76	1,34	0,31	0,95
M. lichenoides	2,38	4,27	1,65	1,19	6,36	0,49	0,00	1,90	0,02
F. rufolanosa	5,93	0,07	3,87	0,00	0,20	1,10	0,29	0,91	3,50
A. armata	0,84	1,32	4	0,03	2,27	0,00	1,04	3,12	0,75
S. scoparium	0,73	1,22	0,88	4,08	2,13	0,52	0,00	0,25	0,07
P. cartilagineum	8,75	1,20	0,91	1,99	0,07	0,43	0,00	0,02	0,88
C. adhaerens	0,34	0,14	0,33	0,42	0,80	1,15	0,00	0,00	0,06
P. atropurpurea	0,00	0,00	0,03	0,00	0,00	1,62	0,00	0,00	0,15
C. tomentosum	1,47	1,91	0,01	0,11	0,23	0,17	0,00	0,00	0,00
U. rigida	0,23	0,00	1,43	0,11	0,13	0,17	0,11	0,02	0,05
B. asparagoides	0,55	0,00	0,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,67
D. dichotoma	0,08	0,07	0,34	0,04	0,16	0,03	0,17	0,00	0,51
Cladophora sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,75	0,00
H. rubra	0,00	0,00	0,17	0,00	0,00	0,20	0,17	0,00	0,00
L. difformis	0,00	0,00	0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,05
R. verrucosa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,00
Coerulescens	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00	0,00	0,00
Otros	0,54	0,00	0,88	2,62	0,00	3,04	0,41	0,09	0,41
No identificados	49,66	54,67	42,21	43,73	51,31	42,74	34,09	26,46	30,17

www.azti.es

azti tecnalia

Txatxarramendi 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)