

Polychaete distribution pattern on the Valencian Community coast, Spanish Mediterranean

Patrón de distribución de los poliquetos en la costa de la Comunidad Valenciana, Mediterráneo español

Y del-Pilar-Ruso*, JA de-la-Ossa-Carretero, F Giménez-Casalduero, JL Sánchez-Lizaso

Departamento de Ciencias del Mar y Biología Aplicada, Universidad de Alicante, Campus de San Vicente del Raspeig, Ap. 99, E-03080, Alicante, España.

* Corresponding author. E-mail: yoana.delpilar@ua.es

ABSTRACT. Changes in benthic community structure are strongly related to environmental factors, and we need to determine how these natural changes occur in order to interpret the possible changes associated with anthropogenic impacts. The aim of this survey was to characterize and classify the polychaete assemblages inhabiting unpolluted soft bottoms in the Spanish Mediterranean in relation to environmental factors. Thirteen localities were sampled at depths between 9 and 31 m, from 2004 to 2006. Multivariate techniques showed that the structure of polychaete assemblages detected in 2004 was consistent over time and correlations between polychaetes and environmental factors were detected. The study area comprises four kinds of communities mainly characterized by polychaete assemblages, sediment types, and depth.

Key words: soft bottoms, polychaete assemblage, abiotic factors, western Mediterranean Sea, habitat classification.

RESUMEN. Los cambios en la estructura de las comunidades bentónicas están estrechamente relacionados con los factores ambientales. Para poder interpretar los posibles cambios asociados con los impactos antropogénicos, es necesario determinar la influencia de los cambios naturales. El objetivo de este estudio fue caracterizar y clasificar las agrupaciones de poliquetos que habitan los fondos blandos no contaminados del Mediterráneo español, así como su relación con los factores ambientales. Se muestrearon 13 localidades entre los 9 y 31 m de profundidad, de 2004 a 2006. La aplicación de técnicas multivariantes demostró que la estructura de las agrupaciones de poliquetos observada en 2004 fue consistente a lo largo del tiempo, detectándose correlaciones entre los poliquetos y los factores ambientales. El área de estudio comprende cuatro tipos de comunidades que se caracterizan, principalmente, por las agrupaciones de poliquetos, los tipos de sedimentos y la profundidad.

Palabras clave: fondos blandos, agrupación de poliquetos, factores abióticos, Mar Mediterráneo occidental, clasificación del hábitat.

INTRODUCTION

From the point of view of community ecology, soft bottoms are understudied and not as well understood as rocky shores and the descriptions of these habitats are scarce (Gray 2002, Mair *et al.* 2009). The role of sediment-related variables in structuring infaunal assemblages has received particular attention (reviewed by Gray 1981, Moreira *et al.* 2006). Variation in sediment characteristics, such as grain size and organic content, may contribute to special variability in infaunal assemblages, making it difficult to detect the putative impacts (Bishop 2005).

It is necessary to understand the functioning of benthic sediments that cover most of the ocean floor and that are increasingly being impacted, especially those in coastal waters adjacent to centers of population. In the western Mediterranean Sea, soft-bottom communities are subject to increasing pressure caused by human activities (Cardell *et al.* 1999). Such benthic communities are critical to the survival of marine ecosystems, and if we are to manage them, we

INTRODUCCIÓN

Desde el punto de vista de la ecología de comunidades, los fondos blandos no han sido tan bien estudiados o entendidos como las costas rocosas y existen escasas descripciones de estos hábitats (Gray 2002, Mair *et al.* 2009). Se ha prestado particular atención al papel que las variables relacionadas con los sedimentos juegan en la estructura de la infauna (revisión por Gray 1981, Moreira *et al.* 2006). Una variación de las características de los sedimentos, tal como el tamaño de grano y el contenido orgánico, puede contribuir a una variabilidad de los grupos infaunales, dificultando así la detección de los impactos putativos (Bishop 2005).

Resulta necesario entender el funcionamiento de los sedimentos bentónicos que cubren la mayor parte del fondo marino y que son cada vez más afectados, especialmente los que se encuentran en aguas costeras cercanas a centros de población. En el Mar Mediterráneo occidental, las comunidades de fondos blandos están sujetas a una creciente presión por las actividades humanas (Cardell *et al.* 1999). Estas

must understand how they function (Hutchings 1998). In this context, the study of the composition and distribution of the benthic assemblages is of great interest because they have been considered a key element of marine ecosystems (Gray and Mirza 1979). Although bottom macrofauna have many advantages as indicators, benthic assemblages are extremely complex. In this case, analyses of some taxonomic structures seem to be more suitable (Belan 2004). Polychaetes play a major role in the functioning of benthic communities, in terms of abundance, recycling, reworking, and bioturbation of marine sediments, and also in the burial of organic matter (Hutchings 1998). They may, therefore, be good indicators of species richness and community patterns in benthic invertebrate assemblages (Fauchald and Jumars 1979). Numerous authors consider polychaetes to be the taxonomic group with the most sensitivity to alterations of the soft substrata (Bellan 1984, del-Pilar-Ruso *et al.* 2008) because of their extraordinary ability to adapt to a wide range of habitats and environmental variation (Fauchald and Jumars 1979).

Spatial and temporal changes in the benthic community structure are related to environmental factors, and we need to determine how these natural changes occur in order to understand and interpret the possible changes associated with anthropogenic impacts. For this reason, the aim of this survey was to characterize the polychaete assemblages inhabiting unpolluted soft bottoms in the western Mediterranean and to identify the main abiotic factors related to the benthic community structure.

MATERIAL AND METHODS

The survey was carried out along 518 km of the Valencian Community coast, Spain (fig. 1). The study sites were selected avoiding possible factors that could affect the assemblages, such as pollution (sewage outfalls, desalination plants, etc.) or river runoff. Soft-bottom benthic infauna was collected at 13 localities and two sites were sampled at each locality. A total of 26 stations in a depth range of 9–31 m were studied during the summers of 2004 to 2006. Four replicates were taken at each site using a Van Veen grab (400 cm²). Three samples were sieved through a 0.5-mm mesh screen, fixed in 10% buffered formalin, and preserved in 4% formalin for later sorting and identification of benthic fauna and mainly to identify polychaetes to family level. The classification of polychaetes into trophic categories was based on Fauchald and Jumars (1979), following the general trophic assumptions adopted in similar investigations worldwide (Muniz and Pires 1999, Bremec and Giberto 2006). An additional sample was used to characterize the sediment (granulometric analysis) following Buchanan's (1984) methodology.

Nonparametric multivariate techniques were used to classify the 13 localities in regard to different benthic fauna and mainly polychaete families, as well as environmental factors. All multivariate analyses were performed using the

comunidades bentónicas son de suma importancia para la supervivencia de los ecosistemas marinos y, para un manejo adecuado, se necesita entender como funcionan (Hutchings 1998). En este contexto, el estudio de la composición y distribución de los grupos bentónicos es de gran interés ya que se consideran un elemento clave de los ecosistemas marinos (Gray y Mirza 1979). Aunque la macrofauna asociada al fondo presenta muchas ventajas como indicadores, las agrupaciones bentónicas son muy complejas. En este caso, el análisis de algunas estructuras taxonómicas parece ser más adecuado (Belan 2004). Los poliquetos juegan un papel importante en el funcionamiento de las comunidades bentónicas en cuanto a la abundancia, el reciclado, la reutilización y la bioturbación de los sedimentos marinos, así como en el enterramiento de materia orgánica (Hutchings 1998). Por lo tanto, pueden ser buenos indicadores de la riqueza de especies y de los patrones de la comunidad de invertebrados bentónicos (Fauchald y Jumars 1979). Varios autores consideran que los poliquetos son el grupo taxonómico que muestra mayor sensibilidad a las alteraciones de los sustratos blandos (Bellan 1984, del-Pilar-Ruso *et al.* 2008) debido a su extraordinaria capacidad de adaptación a una amplia gama de hábitats y cambios ambientales (Fauchald y Jumars 1979).

Los cambios espaciales y temporales en la estructura de la comunidad bentónica se relacionan con factores ambientales y es necesario determinar como suceden estos cambios naturales para poder entender e interpretar los posibles cambios asociados con los impactos antropogénicos. Por este motivo, el objetivo de este trabajo fue caracterizar las agrupaciones de poliquetos que habitan los fondos blandos no contaminados del Mediterráneo occidental e identificar los principales factores abióticos que se relacionan con la estructura de la comunidad bentónica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó a lo largo de 518 km de la costa de la Comunidad Valenciana, España (fig. 1). Los sitios de estudio se seleccionaron tratando de evitar los posibles factores que pudieran afectar las agrupaciones, tal como la contaminación (aguas residuales, plantas de desalinización, etc.) o las desembocaduras de ríos. La infauna bentónica de fondos blandos se recolectó en 13 localidades y en cada localidad se muestrearon dos sitios. En total se estudiaron 26 estaciones entre los 9 y 31 m de profundidad durante los veranos de 2004 a 2006. En cada sitio se tomaron cuatro réplicas con una draga tipo Van Veen (400 cm²). Tres muestras se tamizaron a través de una malla de 0.5 mm de luz, se fijaron en formalina estabilizada al 10% y se preservaron en formalina al 4% para una posterior clasificación e identificación de la fauna bentónica y en particular de los poliquetos a nivel de familia. La clasificación de los poliquetos en categorías tróficas se realizó según Fauchald y Jumars (1979), siguiendo los supuestos tróficos generales adoptados en investigaciones similares a nivel mundial (Muniz y Pires 1999, Bremec y Giberto 2006).

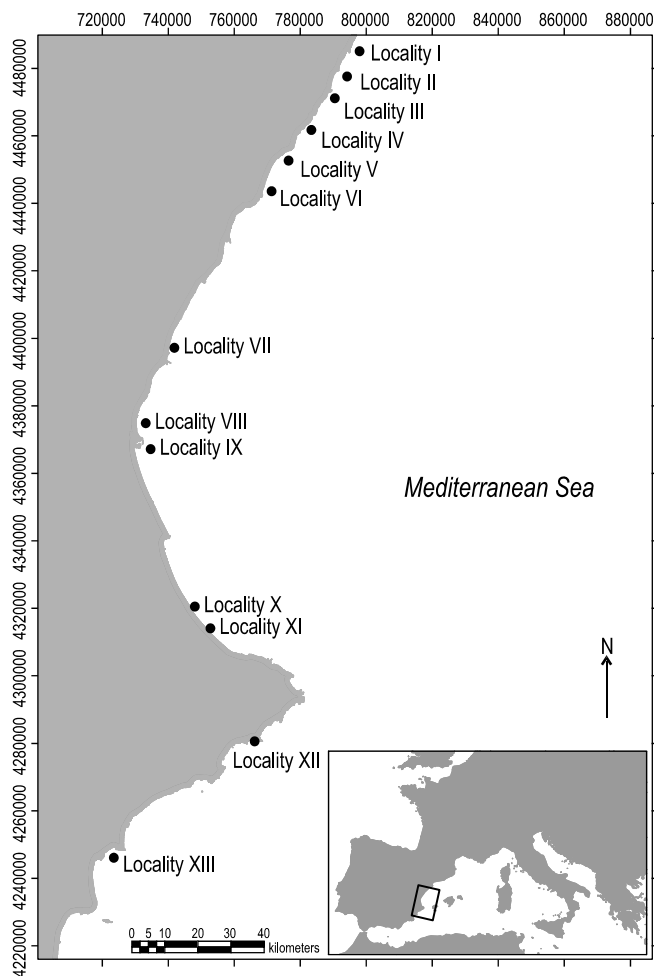


Figure 1. Location of the 13 localities sampled along the Valencian Community coast (eastern Spain).

Figura 1. Localización de las 13 localidades estudiadas en la costa de la Comunidad Valenciana (levante español).

PRIMER-E statistical package (Clarke and Gorley 2006). A classification of the localities was performed from the similarity matrix of polychaetes by cluster analysis. Triangular similarity matrices were calculated using the Bray-Curtis similarity coefficient for the fauna data and Euclidean distance for environmental variables (Clarke and Warwick 2001). Graphical representation of multivariate patterns of the polychaete assemblage was obtained by nonmetric multidimensional scaling (nMDS). Second stage analysis (2STAGE) was performed in order to establish a possible pattern throughout time. The similarity percentage (SIMPER) procedure was performed to determine the percentage contribution of each taxon. The possible relationship between polychaete assemblages and abiotic factors was determined using the BEST routine (BIO-ENV option). Spearman correlations between data and abiotic factors (sediment grain size and depth) were determined using the RELATE procedure (Clarke 1993).

La cuarta muestra se utilizó para caracterizar el sedimento (análisis granulométrico) siguiendo la metodología propuesta por Buchanan (1984).

Se emplearon técnicas multivariantes no paramétricas para clasificar las 13 localidades en cuanto a la fauna bentónica y principalmente las familias de poliquetos, así como los factores ambientales. Todos los análisis multivariantes se realizaron con el paquete estadístico PRIMER-E (Clarke y Gorley 2006). La clasificación de las localidades se realizó a partir de la matriz de similitud de los poliquetos mediante un análisis de conglomerados. Se calcularon matrices de similitud triangulares usando el coeficiente de similitud de Bray-Curtis para los datos de fauna y la distancia euclidiana para las variables ambientales (Clarke y Warwick 2001). Para la representación gráfica de los patrones multivariantes de las agrupaciones de poliquetos se aplicó la técnica de escalamiento multidimensional no métrico (nMDS). Se llevó a cabo un análisis de segunda etapa (2STAGE) para establecer un posible patrón a lo largo del tiempo. Se realizó un análisis de porcentaje de similitud (SIMPER) para determinar la contribución porcentual de cada taxón. La posible relación entre las agrupaciones de poliquetos y los factores abióticos se determinó usando la rutina BEST (opción BIO-ENV). Se determinaron correlaciones de Spearman entre los datos y los factores abióticos (tamaño de grano del sedimento y profundidad) con el procedimiento RELATE (Clarke 1993).

RESULTADOS

El área de estudio se caracteriza por la variabilidad de los sedimentos. El porcentaje de cada tamaño de grano varió entre localidades (tabla 1). Se muestrearon un total de 43,320 especímenes, divididos en 23 grupos taxonómicos diferentes. Los poliquetos dominaron la comunidad infaunal, seguidos por los taxones Amphipoda, Tanaidacea y Bivalvia. Se registraron un total de 14,363 individuos de poliquetos y se agruparon en 45 familias. La familia de poliquetos más abundante fue Nephtyidae (13.91%), seguida por Paraonidae (12.64%), Syllidae (10.20%), Sabellidae (8.60%), Capitellidae (6.60%) y Spionidae (6.10%). Los grupos tróficos más abundantes en el área de estudio fueron los depositívoros no selectivos (23%), los carnívoros (20%), los depositívoros selectivos (18%) y los omnívoros (14%).

En la evaluación de las poblaciones de poliquetos estudiadas en 2004, el dendrograma mostró cuatro grupos principales a un nivel de disimilitud de 50%, con similitudes superiores al 70% dentro de cada grupo (fig. 2, tabla 1), y la gráfica del nMDS mostró una ordenación de las localidades según estos grupos (fig. 3a, tabla 1). Se observó, mediante la rutina 2STAGE, que el patrón detectado en 2004, en donde cada localidad se incluye en uno de los cuatro grupos, fue consistente en el tiempo (fig. 3). Por lo tanto, para caracterizar a cada grupo, se construyó una matriz de datos nueva que

RESULTS

The study area is characterized by the variability of sediments. The percentage of each grain size varied between localities (table 1). A total of 43,320 specimens, divided into 23 different taxonomic groups, were sampled. Polychaeta dominated the infaunal community, followed by Amphipoda, Tanaidacea, and Bivalvia. A total of 14,363 polychaete individuals were recorded and grouped into 45 families. The most abundant polychaete family was Nephtyidae (13.91%),

incluyó todos los sitios muestreados en cada tiempo, con un total de 78 muestras (13 localidades × 2 sitios × 3 tiempos).

Las familias que caracterizan a cada uno de los cuatro grupos se describen en la tabla 1. El grupo A incluyó la mayoría de las localidades con un nivel de similitud de 56.75%; las categorías tróficas más abundantes en este grupo fueron los depositívoros no selectivos (29.5%), seguidos por los filtradores (fig. 4). El grupo con cuatro sitios dentro de dos localidades (grupo B, similitud de 58.34%) difiere del grupo anterior en cuanto a la composición de sus familias

Table 1. Summary of the biotic and sedimentary characteristics of each group. Polychaete families with higher contribution percentage of similarity (% contribution) and dissimilarity are shown. The dominant trophic categories in each group are included. S: mean number of families in each group; N: mean number of individuals in each group; and H': Shannon-Wiener diversity (log₂).

Tabla 1. Resumen de las características bióticas y sedimentarias de cada grupo. Se muestran las familias de poliquetos con mayor contribución porcentual de similitud (% de contribución) y disimilitud. Se incluyen las categorías tróficas dominantes en cada grupo. S: número promedio de familias en cada grupo; N: número promedio de individuos en cada grupo; y H': diversidad de Shannon-Wiener (log₂).

	Group A	Group B	Group C	Group D
Localities	I-II-III-IV-V-VI-VII-X-XI	VIII-IX	XIII	XII
Polychaete families (similarity)	Paraonidae (14%) Nephtyidae (13%) Sabellidae (9%) Lumbrineridae (7%) Ampharetidae (6%) Spionidae (6%) Capitellidae (5%) Glyceridae (4%)	Syllidae (10%) Capitellidae (9%) Cirratulidae (8%) Paraonidae (7%) Nephtyidae (7%) Lumbrineridae (6%) Hesionidae (5%) Onuphidae (5%)	Paraonidae (21%) Spionidae (16%) Glyceridae (11%) Nephtyidae (11%) Syllidae (10%) Sabellidae (7%) Orbiniidae (6%) Serpulidae (6%)	Paralacydoniidae (23%) Paraonidae (17%) Nephtyidae (11%) Cirratulidae (9%) Capitellidae (6%) Lumbrineridae (5%) Magelonidae (5%) Maldanidae (4%)
Polychaete families (dissimilarity)	Oweniidae Sabellidae Spionidae	Syllidae Hesionidae Cirratulidae Capitellidae Onuphidae Sabellidae	Serpulidae Spionidae Orbiniidae	Paralacydoniidae
Polychaete trophic category (whole assemblage)	Nonselective deposit feeder	Omnivore	Filter feeder	Unidentified group
S	17.85 ± 0.56	24.25 ± 1.30	10.16 ± 1.10	15.33 ± 1.14
N	1451.00 ± 131.10	2899.31 ± 519.64	372.22 ± 70.56	712.50 ± 113.68
H'	3.30 ± 0.05	3.60 ± 0.17	2.70 ± 0.14	3.10 ± 0.17
Mud (%)	1.76 ± 0.31	5.71 ± 2.22	5.83 ± 3.62	14.22 ± 4.56
Fine sand (%)	78.77 ± 2.10	19.54 ± 7.50	86.40 ± 3.76	50.30 ± 4.82
Medium sand (%)	11.60 ± 1.90	11.24 ± 2.45	6.25 ± 3.65	14.07 ± 4.84
Coarse sand (%)	5.15 ± 0.72	29.50 ± 4.05	1.30 ± 0.43	17.01 ± 3.60
Gravel (%)	2.71 ± 0.30	34.04 ± 6.65	0.21 ± 0.13	4.40 ± 1.05
Depth (m, min.–max.)	12.20 – 22.4	16.40 – 20.90	9	29.70 – 30.20
pH	7.21 ± 0.04	7.34 ± 0.06	7.33 ± 0.04	7.18 ± 0.10
Sediment type (Wentworth 1922)	Sand	Gravelly sand/ sandy gravel	Sand	Muddy sand (with gravel)
Habitat classification:				
EUNIS	A5.236	A5.13*	A5.236	A5.26*
Barcelona Convention	III.2.2	–	III.2.2	–
Pérès and Picard (1964)	SFBC	–	SFBC	DE

* Closest relationship observed with the European Nature Information System (EUNIS) classification.

followed by Paraonidae (12.64%), Syllidae (10.20%), Sabellidae (8.60%), Capitellidae (6.60%), and Spionidae (6.10%). Nonselective deposit feeders (23%), carnivores (20%), selective deposit feeders (18%), and omnivores (14%) were the most abundant trophic groups in the study area.

Analyzing the polychaete assemblages sampled in 2004, the cluster analysis showed four major groups at a dissimilarity level of 50%, with similarities higher than 70% within each group (fig. 2, table 1), and the nMDS plot showed an arrangement of the localities according to these groups (fig. 3a, table 1). By means of the 2STAGE routine we observed that the pattern detected in 2004, where each locality is included in one of the four groups, was consistent over time (fig. 3). Therefore, in order to characterize each group, a new data matrix was constructed including all the sites sampled at each time with a total of 78 samples (13 localities \times 2 sites \times 3 times).

The families that characterized each one of the four groups are described in table 1. Group A included the majority of the localities with a similarity level of 56.75%; the most abundant trophic categories in this group were non-selective deposit feeders (29.5%), followed by filter feeders (fig. 4). The group with four sites within two localities (group B, similarity of 58.34%) differs from the previous group in the composition of their families (table 1); the dominant trophic category was omnivores, representing more than 40% of the abundance (fig. 4). Group C (similarity of 48.21%) included only one locality; the trophic categories that characterized this group were filter feeders (30%) and nonselective deposit feeders (25%). Group D (similarity of 57.75%) also included only one locality, where the polychaete assemblage was characterized by an unidentified feeding strategy (32%) and nonselective deposit feeders (26%) (fig. 4). The families responsible for the dissimilarities between groups are represented in table 2. Most of the groups showed high polychaete family diversity values ($H' > 3$), being somewhat higher in group B (3.6 ± 0.17); group C showed the lowest values of abundance, richness, and diversity (table 1).

Analyzing all localities throughout the three years, correlations of selected environmental variables with polychaete assemblages were obtained through the BIO-ENV procedure; the best combination included gravel, coarse sand, mud, and depth (correlation = 0.46). The RELATE procedure also indicated the relationship between abiotic factors and polychaete assemblage structure ($P = 0.001$, $\rho = 0.44$). After analyzing each factor, a positive correlation was observed between the polychaete assemblages and the following factors: mud ($P < 0.012$, $\rho = 0.188$), fine sand ($P < 0.001$, $\rho = 0.273$), medium sand ($P < 0.032$, $\rho = 0.128$), coarse sand ($P < 0.001$, $\rho = 0.3$), gravel ($P < 0.013$, $\rho = 0.159$), and depth ($P < 0.001$, $\rho = 0.4$). We detected that the study area is also classified into four major benthic habitats defined by the sediments found in it and the depth (table 1). Accordingly, the segregation of the

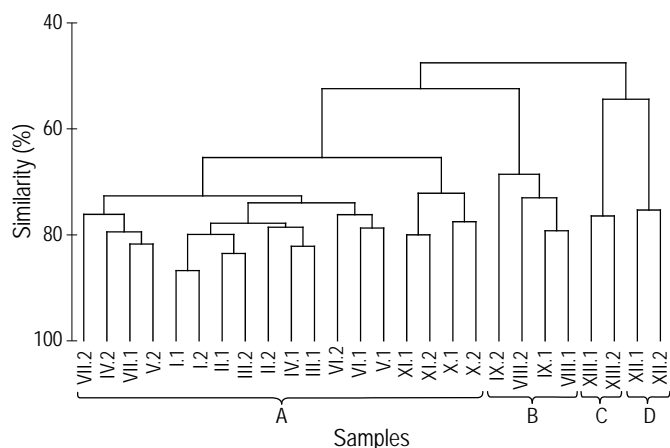


Figure 2. Cluster of the polychaete assemblages for the 2004 sampling period data based on Bray-Curtis similarities from square-root transformed abundance data.

Figura 2. Dendrograma de los grupos de poliquetos para los datos del periodo de muestreo de 2004 con base en las similitudes de Bray-Curtis a partir de datos de abundancia transformados por raíz cuadrada.

(tabla 1); la categoría trófica dominante fue la de los omnívoros, que representó más del 40% de la abundancia (fig. 4). El grupo C (similitud de 48.21%) sólo incluyó una localidad; las categorías tróficas que caracterizaron este grupo fueron los filtradores (30%) y los depositívoros no selectivos (25%). El grupo D (similitud de 57.75%) también sólo incluyó una localidad, donde la agrupación de poliquetos se caracterizó por una estrategia de alimentación no identificada (32%) y por depositívoros no selectivos (26%) (fig. 4). En la tabla 2 se presentan las familias responsables de las disimilitudes entre grupos. La mayoría de los grupos mostraron valores altos de diversidad de las familias de poliquetos ($H' > 3$), aunque los valores del grupo B fueron más elevados (3.6 ± 0.17); el grupo C mostró los menores valores de abundancia, riqueza y diversidad (tabla 1).

En la evaluación de las localidades a lo largo de los tres años, se obtuvieron correlaciones entre las variables ambientales seleccionadas y las agrupaciones de poliquetos mediante el procedimiento BIO-ENV; la mejor combinación incluyó grava, arena gruesa, fango y profundidad (correlación = 0.46). El procedimiento RELATE también indicó la relación entre los factores abióticos y la estructura de la agrupación de poliquetos ($P = 0.001$, $\rho = 0.44$). Al analizar cada factor, se observó una correlación positiva entre las agrupaciones de poliquetos y los siguientes factores: fango ($P < 0.012$, $\rho = 0.188$), arena fina ($P < 0.001$, $\rho = 0.273$), arena media ($P < 0.032$, $\rho = 0.128$), arena gruesa ($P < 0.001$, $\rho = 0.3$), grava ($P < 0.013$, $\rho = 0.159$) y profundidad ($P < 0.001$, $\rho = 0.4$). En el área de estudio se clasificaron cuatro hábitats bentónicos principales, definidos por sus sedimentos y la profundidad (tabla 1). Por consiguiente, la segregación de la agrupación de poliquetos en estos cuatro grupos puede estar relacionada con factores abióticos.

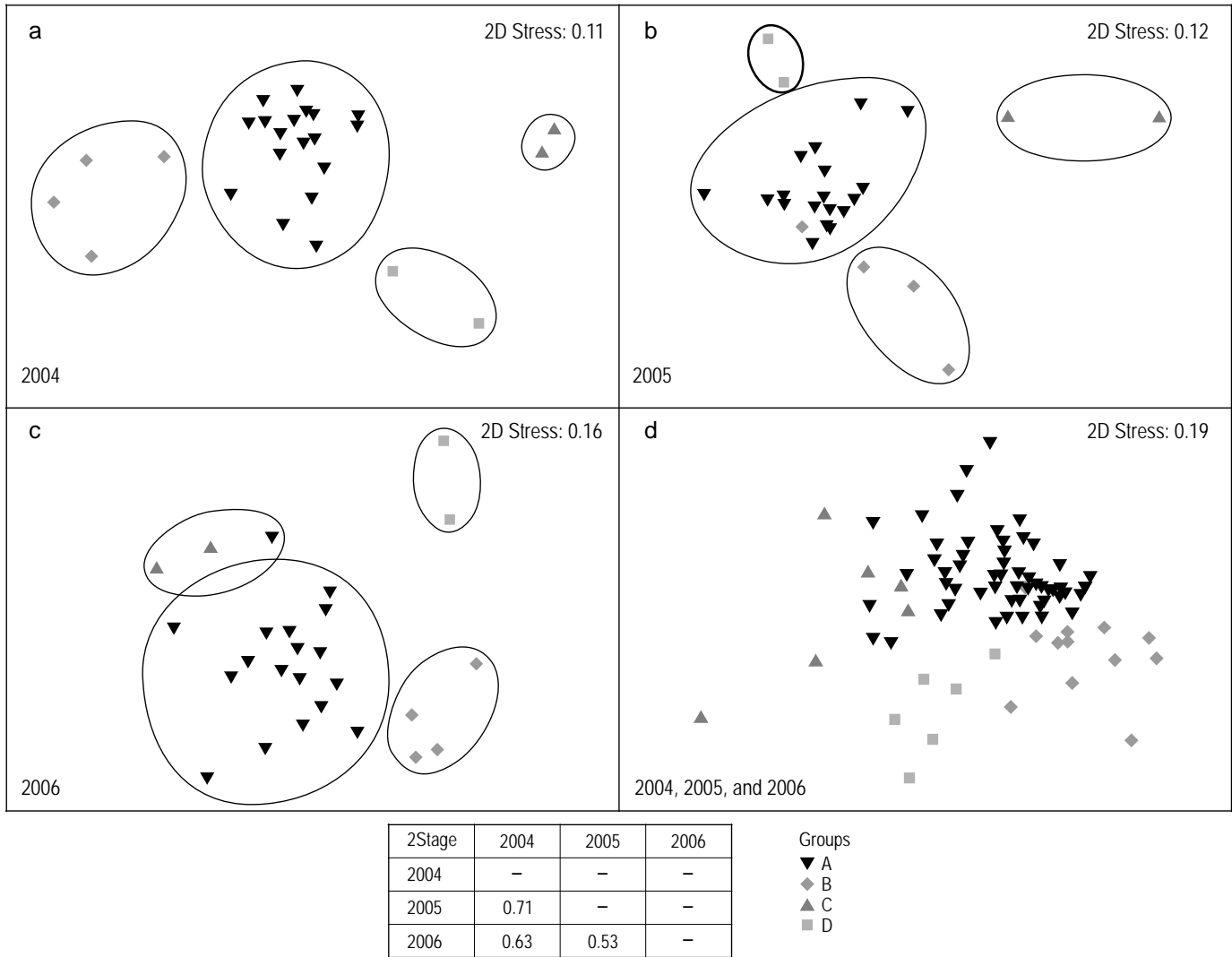


Figure 3. Multidimensional scaling (MDS) plots of polychaete families at all stations for (a) 2004, (b) 2005, and (c) 2006. (d) MDS plot summarizing the pattern observed in the first stage MDS plots (a, b, c) including the three sampling periods. Results of the second stage correlation are shown in the table.

Figura 3. Gráfica del escalamiento multidimensional (MDS) de las familias de poliquetos en todos los sitios para (a) 2004, (b) 2005 y (c) 2006. (d) Gráfica del MDS que resume el patrón observado en las gráficas de la primera etapa (a, b y c) incluyendo los tres periodos de muestreo. Los resultados de la correlación de la segunda etapa se muestran en la tabla.

polychaete assemblages into these four groups could be related to abiotic factors.

DISCUSSION

Some authors maintain that the distribution of soft-bottom polychaetes and infauna in general is related to sediment characteristics, hydrodynamics, depth, temperature, and/or salinity (Gray 1974, Simboursa *et al.* 2000, Moreira *et al.* 2006). In this study we observed that polychaete assemblage distribution along the east coast of Spain is related to both sediment type and depth, as also observed by Labruno *et al.* (2007) in the NW Mediterranean Sea. The relationship between abiotic factors and benthic communities is complex,

DISCUSIÓN

Algunos autores afirman que la distribución de los poliquetos de fondos blandos y de la infauna en general se relaciona con las características del sedimento, la hidrodinámica, la profundidad, la temperatura y/o la salinidad (Gray 1974, Simboursa *et al.* 2000, Moreira *et al.* 2006). En el presente estudio se observó que la distribución de las agrupaciones de poliquetos en la costa del levante español se relaciona tanto con el tipo de sedimento como con la profundidad, al igual que lo encontrado por Labruno *et al.* (2007) en el Mar Mediterráneo noroccidental. La relación entre los factores abióticos y las comunidades bentónicas es compleja: el contenido de arena fina y gruesa y la profundidad fueron los

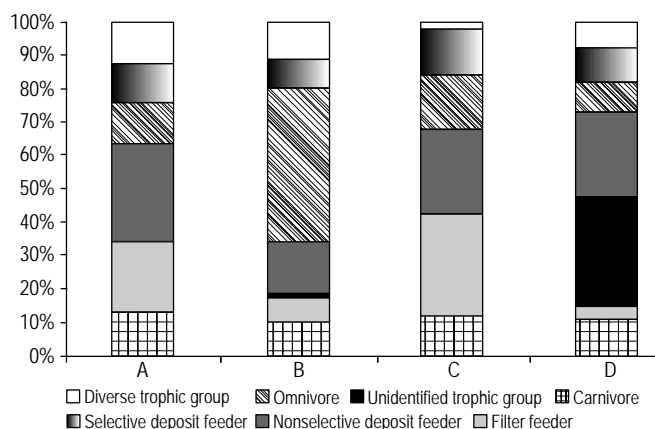


Figure 4. Percentage of trophic categories for each group (A, B, C, and D) established.

Figura 4. Porcentaje de las categorías tróficas para cada grupo (A, B, C y D) establecido.

with fine and coarse sand content and depth showing the strongest correlation with benthic communities. Therefore, these parameters could explain the segregation of the polychaete assemblages into four different groups. Moreover, in spite of the natural interannual variability that would be expected, we detected a pattern that is consistent through space and time. The study area comprised four kinds of habitats determined by sediments and depth, which characterized the polychaete assemblages.

In the studied localities, the dominant benthic habitat between 9 and 31 m was classified as sandy bottom (77% of the localities) and it was dominated by deposit-feeding polychaetes. This fact has also been pointed out by Moreira *et al.* (2006). Finer sediments are known to be colonized by deposit feeders (Pearson and Rosenberg 1978); however, it is likely that we detected an impoverished version of this habitat in shallow waters (9 m), characterized by the lowest values of abundance, richness, and biodiversity. This shallow sandy bottom (group C) was characterized by the presence of some polychaete families similar to those that have been found in deeper sandy bottoms. The trophic group of filter feeders was more abundant in shallow sandy bottoms mainly due to the low presence of the mud fraction (table 1). These sandy bottoms have a certain similarity to that described by the European Nature Information System (EUNIS, <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>) habitat classification (Davis *et al.* 2004), and are classified as “Mediterranean communities of well-sorted fine sand” (A5.236), based in turn on the Barcelona Convention habitat classification (III.2.2) (UNEP(OCA)/MED WG.154/7 1999), derived from the Mediterranean Sea habitat classification (Pérès and Picard 1964), where they are classified as “biocenosis of well-sorted fine sand” (SFBC).

On the other hand, two localities are considered as gravelly sand or sandy gravel bottoms. This habitat showed the highest values of abundance, richness, and biodiversity,

factores que mostraron la mayor correlación con las comunidades bentónicas. Por lo tanto, estos parámetros podrían explicar la segregación de las agrupaciones de poliquetos en cuatro grupos diferentes. Además, a pesar de la variabilidad interanual natural que se esperaría, se detectó un patrón que es consistente en el tiempo y el espacio. El área de estudio comprendió cuatro tipos de hábitats determinados por sus sedimentos y la profundidad, que caracterizaron las agrupaciones de poliquetos.

En las localidades estudiadas, el hábitat bentónico dominante entre los 9 y 31 m de profundidad fue el de fondo arenoso (77% de las localidades), donde dominaron los poliquetos depositívoros, lo cual también ha sido documentado por Moreira *et al.* (2006). Se sabe que los sedimentos más finos son colonizados por depositívoros (Pearson y Rosenberg 1978); sin embargo, es posible que hayamos detectado una versión empobrecida de este hábitat en aguas someras (9 m), caracterizada por los menores valores de abundancia, riqueza y biodiversidad. Este hábitat de fondo arenoso somero (grupo C) se caracterizó por la presencia de algunas familias de poliquetos similares a las encontradas en fondos arenosos más profundos. Los filtradores fueron el grupo trófico más abundante en los fondos arenosos someros principalmente debido a la baja presencia de la fracción de fangos (tabla 1). Estos fondos arenosos presentan cierta similitud con los descritos en la clasificación de hábitats del Sistema Europeo de Información sobre la Naturaleza (EUNIS por sus siglas en inglés, <http://eunis.eea.europa.eu/habitats.jsp>; Davis *et al.* 2004), donde se clasifican como “comunidades mediterráneas de arena fina bien clasificada” (A5.236), con base en la clasificación de hábitats del Convenio de Barcelona (III.2.2) (UNEP(OCA)/MED WG.154/7 1999), derivada a partir de la clasificación de hábitats del Mar Mediterráneo (Pérès y Picard 1964), donde se clasifican como “biocenosis de arena fina bien clasificada” (SFBC).

Por otro lado, dos localidades presentan un fondo de arena guijarrosa o grava arenosa. Este hábitat mostró los mayores valores de abundancia, riqueza y biodiversidad, y se caracterizó por la presencia de poliquetos omnívoros (tabla 1). Se sabe que los sedimentos gruesos proporcionan una amplia gama de espacios intersticiales que constituyen un hábitat adecuado para las familias como Syllidae y Hesionidae (Moreira *et al.* 2006, Guzmán-Alvis *et al.* 2006). El espacio entre los granos facilita la búsqueda y captura de presas potenciales para las especies carnívoras y omnívoras (Parson *et al.* 1995). En este caso, no encontramos ninguna relación estrecha entre el hábitat infralitoral detectado en el área de estudio y los hábitats descritos en EUNIS o el Convenio de Barcelona, siendo lo más cercano “sedimento grueso infralitoral” (A5.13, EUNIS) o “biocenosis de arenas gruesas y gravas finas mezcladas por las olas” (III.3.1, Convenio de Barcelona; SGBV, Pérès y Picard 1964); sin embargo, nuestros sitios mediterráneos se localizan a mayor profundidad que los descritos en el Convenio de Barcelona con base en SGBV (Pérès y Picard 1964). Por lo tanto, parece ser que

and it is characterized by the presence of omnivorous polychaetes (table 1). Coarse sediments are known to provide a wide range of interstitial spaces that constitute a suitable habitat for families such as Syllidae and Hesionidae (Moreira *et al.* 2006, Guzmán-Alvis *et al.* 2006). The space between grains makes the search and capture of potential preys easier for carnivorous and omnivorous species (Parson *et al.* 1995). In this case, we did not find any strong relation between the infralittoral habitat detected in our study area and the habitats described by EUNIS or the Barcelona Convention. The best approximation found in relation to other classifications was “infralittoral coarse sediment” (A5.13, EUNIS) or “biocoenosis of coarse sands and fine gravels mixed by the waves” (III.3.1, Barcelona Convention; SGBV, Pérès and Picard 1964); however, our Mediterranean localities are situated in a deeper area than those described in the Barcelona

estos hábitats aún carecen de una descripción detallada apropiada para el Mar Mediterráneo.

La localidad más profunda fue la única que presentó un fondo arenoso fangoso con algo de grava. Este hábitat sostiene una variedad de poliquetos (tabla 1), y la familia Paracalydoniidae (*Paracalydonia paradoxa*) caracterizó esta comunidad. Esta familia no fue asignada una categoría trófica por Fauchald y Jumars (1979), pero tales organismos podrían ser considerados depositívoros ya que se limitan a sustratos blandos y su predominancia aumenta según disminuye el tamaño de partícula (Pearson y Rosenberg 1978). En este caso se observó una similitud con el hábitat A5.26 (EUNIS), “arena fangosa circalitoral”, principalmente por el tipo granulométrico y la profundidad. En EUNIS se encuentra otro tipo de hábitat descrito para el Mar Mediterráneo (A5.28, “comunidades mediterráneas de arenas fangosas

Table 2. Summary of the SIMPER results among groups (A, B, C, and D). Av. Ab. = average abundance, Contrib. % = percentage of contribution, and AD = average dissimilarity (%).

Tabla 2. Resumen de los resultados del análisis de SIMPER entre grupos (A, B, C y D). Av. Ab. = abundancia promedio, Contrib. % = porcentaje de contribución y AD = disimilitud promedio (%).

Families	Av. Ab.	Av. Ab.	Contrib. %	Families	Av. Ab.	Av. Ab.	Contrib. %
AD: 52.17	A	B		AD: 70.12	B	C	
Syllidae	6.63	21.27	8.78	Syllidae	21.17	4.67	8.35
Hesionidae	1.02	13.53	6.91	Cirratulidae	13.96	0.96	7.00
Cirratulidae	4.12	13.96	5.80	Hesionidae	13.53	0.00	6.99
Capitellidae	7.61	13.76	5.31	Capitellidae	13.76	3.00	6.51
Onuphidae	4.03	10.80	4.70	Onuphidae	10.80	0.68	5.44
Nephtyidae	14.10	12.13	4.48	Lumbrineridae	9.95	0.48	5.05
Dorvilleidae	0.25	8.08	4.42	Nephtyidae	12.13	5.91	4.49
				Eunicidae	9.30	0.48	4.46
				Dorvilleidae	8.08	0.68	4.01
AD: 60.24	A	C		AD: 61.74	B	D	
Nephtyidae	14.10	5.91	7.90	Syllidae	21.27	3.46	9.24
Sabellidae	10.98	3.24	6.61	Paracalydoniidae	0.72	13.82	7.56
Ampharetidae	6.81	0.00	6.39	Hesionidae	13.53	2.04	6.03
Spionidae	8.52	7.23	6.05	Capitellidae	13.76	4.23	5.70
Paraonidae	13.74	7.29	6.00	Onuphidae	10.80	3.60	4.71
Lumbrineridae	6.84	0.48	5.70	Cirratulidae	13.96	6.33	4.29
Serpulidae	1.87	5.15	5.16	Dorvilleidae	8.08	0.00	4.28
Oweniidae	5.53	0.96	5.01				
Capitellidae	7.61	3.00	4.93				
Syllidae	6.63	4.67	4.55				
AD: 57.44	A	D		AD: 64.53	C	D	
Paracalydoniidae	0.05	13.82	11.59	Paracalydoniidae	0.00	13.82	15.34
Sabellidae	10.98	1.99	6.95	Nephtyidae	5.91	9.02	6.21
Nephtyidae	14.10	9.02	5.88	Spionidae	7.23	2.24	5.93
Spionidae	8.52	2.24	5.67	Cirratulidae	0.96	6.33	5.92
Ampharetidae	6.81	0.48	5.26	Serpulidae	5.15	1.31	5.75
Syllidae	6.63	3.46	4.44	Syllidae	4.67	3.46	4.67
Oweniidae	5.53	0.96	4.39	Lumbrineridae	0.48	4.20	4.32
Paraonidae	13.74	10.62	4.16				

Convention based on SGBV (Pérès and Picard 1964). Therefore, these habitats may still be lacking an in-depth description appropriate for the Mediterranean Sea.

Only the deepest locality was classified as muddy-sandy bottom with some gravel. This habitat supports a variety of polychaetes (table 1), and the family Paracalydoniidae (*Paracalydonia paradoxa*) categorized this community. There is no trophic category assigned to Paracalydoniidae by Fauchald and Jumars (1979), but such organisms could be considered deposit feeders because they are restricted to soft substrata and their predominance increases with decreasing particle size (Pearson and Rosenberg 1978). In this case we observed similarities with habitat A5.26 (EUNIS), “circalittoral muddy sand”, mainly due to the granulometric type and depth. There is another EUNIS habitat type described for the Mediterranean Sea (A5.28, “Mediterranean communities of superficial muddy sands in sheltered waters”) based on the Barcelona Convention (III.2.3, “biocoenosis of superficial muddy sands in sheltered waters”), but in these habitats the depth is mostly around 1 m and rarely more than 3 m, and our localities included in group D are located at around 30 m. To date, this habitat has not been well described by EUNIS; hence, it could be classified as “biocoenosis of muddy detritic bottoms” (DE) described by Pérès and Picard (1964).

It is necessary to indicate that such similarities are mainly based on abiotic factors such as sediment type and depth. We have detected some differences among our communities and those described by other habitat classifications; however, the same habitat type can be inhabited by different species assemblages representing the natural variability that should be adequately quantified in other experimental context but that, on a large scale, should not affect the appreciation of habitat distribution (Fraschetti *et al.* 2008). Further studies describing communities in detail would be necessary. Nevertheless, our contribution in the habitat classification at family level is basic because changes observed in the community demonstrate that analyses of high taxonomic levels reveal interesting results (del-Pilar-Ruso *et al.* 2007, 2008).

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by Entitat de Sanejament d’Aigües. We are grateful to all the staff of the Marine Biology Laboratory at the University of Alicante and CONSOMAR, S.A., especially A Climent Ballester, for their collaboration. Thanks are due to I Woollard for reviewing the English version.

REFERENCES

- Belan TA. 2004. Marine environmental quality assessment using polychaete taxocene characteristics in Vancouver Harbour. *Mar. Environ. Res.* 57: 89–101.
- Bellan G. 1984. Indicateurs et indices biologiques dans le domaine marin. *Bull. Ecol.* 15: 13–20.

superficiales de modo calmo”), con base en el Convenio de Barcelona (III.2.3, “biocenosis de arenas fangosas superficiales de modo calmo”), pero en tales hábitats la profundidad es de 1 m en general y rara vez más de 3 m, mientras que nuestros sitios incluidos en el grupo D se localizan alrededor de 30 m. A la fecha, este hábitat no ha sido bien descrito por EUNIS; por consiguiente, se podría clasificar como “biocenosis de fondos fangosos detríticos” (DE) según Pérès y Picard (1964).

Cabe indicar que tales similitudes se basan principalmente en factores abióticos como el tipo de sedimento y la profundidad. Se detectaron algunas diferencias entre nuestras comunidades y las descritas en otras clasificaciones de hábitats; sin embargo, el mismo tipo de hábitat puede ser habitado por diferentes agrupaciones de especies, representando la variabilidad natural que debería ser cuantificada adecuadamente en otros contextos experimentales pero que, a gran escala, no debería de afectar la apreciación de la distribución de hábitat (Fraschetti *et al.* 2008). Se requieren de otros estudios que describan las comunidades en detalle. Nuestra contribución a la clasificación de hábitats a nivel familia es básica ya que los cambios observados en la comunidad demuestran que los análisis de altos niveles taxonómicos arrojan resultados interesantes (del-Pilar-Ruso *et al.* 2007, 2008).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por la Entitat de Sanejament d’Aigües. Se agradece el apoyo brindado por todo el personal del Laboratorio de Biología Marina de la Universidad de Alicante y CONSOMAR, S.A., especialmente A Climent Ballester, así como la revisión del inglés realizada por I Woollard.

Traducido al español por Christine Harris.

- Bishop MJ. 2005. Artificial sampling units: A tool for increasing the sensitivity of tests for impact in soft sediments. *Environ. Monit. Assess.* 107: 203–220.
- Bremec C, Giberto D. 2006. Polychaete assemblages in the Argentinean Biogeographical Province, between 34° and 38° S. *Sci. Mar.* 70(S3): 249–257.
- Buchanan JB. 1984. Sediment analysis. In: Holme NA, McIntyre AD (eds.), *Methods for the Study of Marine Benthos*. 2nd ed. IBP Handbook No 16, London, 387 pp.
- Cardell MJ, Sardá R, Romero J. 1999. Spatial changes in sublittoral soft-bottom polychaete assemblages due to river inputs and sewage discharges. *Acta Oecol.* 20: 343–351.
- Clarke KR. 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Aust. J. Ecol.* 18: 117–143.
- Clarke KR, Warwick RM. 2001. *Change in Marine Communities: An approach to statistical analysis and interpretation*. 2nd ed. PRIMER-E, Plymouth.
- Clarke KR, Gorley RN. 2006. *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, 176 pp.

- Davis CE, Moss M, Hill MO. 2004. EUNIS Habitat Classification. Revised 2004. Report to the European Environment Agency.
- Del-Pilar-Ruso Y, de-la-Ossa-Carretero JA, Giménez-Casalduero F, Sánchez-Lizaso JL. 2007. Spatial and temporal changes in infaunal communities inhabiting soft bottoms affected by brine discharge. *Mar. Environ. Res.* 64: 492–503.
- Del-Pilar-Ruso Y, de-la-Ossa-Carretero JA, Giménez-Casalduero F, Sánchez-Lizaso JL. 2008. Effects of a brine discharge over soft bottom Polychaeta assemblage. *Environ. Pollut.* 156: 240–250.
- Fauchald K, Jumars PA. 1979. The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 17: 193–284.
- Fraschetti S, Terlizzi A, Boero F. 2008. How many habitats are there in the sea (and where)? *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 366: 109–115.
- Gray JS. 1974. Animal-sediment relationships. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 12: 223–261.
- Gray JS. 1981. *The Ecology of Marine Sediments. An Introduction to the Structure and Functions of Benthic Communities.* Cambridge Univ. Press, Cambridge, 189 pp.
- Gray JS. 2002. Species richness of marine soft sediments. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 244: 285–297.
- Gray JS, Mirza FB. 1979. A possible method for detection of pollution-induced disturbance on marine benthic communities. *Mar. Pollut. Bull.* 10: 142–146.
- Guzmán-Alvis AI, Lattig P, Ruiz JA. 2006. Spatial and temporal characterization of soft bottom polychaetes in a shallow tropical bay (Colombian Caribbean). *Bol. Invermar.* 35: 19–36.
- Hutchings P. 1998. Biodiversity and functioning of polychaetes in benthic sediments. *Biodivers. Conser.* 7: 1133–1145.
- Labrune C, Grémare A, Amouroux JM, Sardá R, Gil J, Taboada S. 2007. Assessment of soft-bottom polychaete assemblages in the Gulf of Lions (NW Mediterranean) based on a mesoscale survey. *Est. Coast. Shelf Sci.* 71: 133–147.
- Mair JM, Cunningham SL, Sibaja-Cordero JA, Guzmán HM, Arroyo MF, Merino D, Vargas R. 2009. Mapping benthic faunal communities in shallow and deep sediments of Las Perlas Archipelago, Pacific Panama. *Mar. Pollut. Bull.* 58: 375–383.
- Moreira J, Quintas P, Troncoso JS. 2006. Spatial distribution of soft-bottom polychaete annelids in the Ensenada de Baiona (Ría de Vigo, Galicia, northwest Spain). *Sci. Mar.* 70: 217–224.
- Muniz P, Pires AMS. 1999. Trophic structure of polychaetes in the Sao Sebastiao Channel (southeastern Brazil). *Mar. Biol.* 134: 517–528.
- Parson TR, Takahashi M, Hargrave B. 1995. *Biological Oceanographic Processes.* Butterworth-Heinemann, Oxford, 330 pp.
- Pearson TH, Rosenberg R. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 16: 229–311.
- Pérès JM, Picard J. 1964. *Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée.* Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume. Bull. No. 34, Fasc. No. 7, 137 pp.
- Simboura N, Nicolaidou A, Thessalou-Legaki M. 2000. Polychaete communities of Greece: An ecological overview. *P.S.Z.N.I. Mar. Ecol.* 21: 129–144.
- UNEP(OCA)/MED WG.154/7. 1999. Report of the fourth meeting of national focal points for specially protected areas. Tunis.
- Wentworth CK. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *J. Geol.* 30: 377–392.

*Received April 2010;
accepted April 2011.*