

Comunidades bentónicas infralitorales de la Bahía de Santander (N de España)

M. Lastra, J. Mora, A. Sanchez & J. Palacio

Departamento de Biología Animal. Facultad de Biología.
Universidad de Santiago de Compostela. La Coruña. España.

Résumé : Une étude écologique du benthos a été réalisée dans le domaine infralittoral de la baie de Santander (Nord de l'Espagne) ; les plus importantes communautés faunistiques ont été classées en fonction des analyses qualitatives cénotiques (coefficient de corrélation de point) et des analyses multivariées (analyses des correspondances) qui font apparaître deux communautés principales :

- Une communauté à *Abra alba* à l'intérieur de la baie.
- Une communauté des sables moyens, caractérisée par le Paguridé *Diogenes pugilator*, le Cumacé *Iphinoe trispinosa* et la Polychète *Nephtys cirrosa*, dans le domaine d'influence océanique.

L'étude des sédiments, basée sur des analyses granulométriques, de Carbone organique et de Carbonates, montre un très net parallélisme avec ces deux communautés.

Abstract : A benthic ecological study of the subtidal zone was made in Santander Bay. Main established faunistic communities were defined in relation to qualitative cenotic analysis (Coefficient of point correlation) and multivariate analysis (correspondence analysis). Within the faunal assemblage, two major communities were distinguished :

- *Abra alba* community in the inner area of the bay.
- A sandy community characterised by the Pagurid *Diogenes pugilator*, the Cumacean *Iphinoe trispinosa* and the Polychaete *Nephtys cirrosa*, in the oceanic influential area.

The sedimentary study, based on granulometric analysis, organic carbon and carbonates, revealed a clear parallelism with the communities defined.

INTRODUCCION

Los estudios acerca de las comunidades animales del bentos de la costa norte de la Península Ibérica han sido abordados por numerosos autores, tanto desde una perspectiva faunística como ecológico-descriptiva. Numerosos trabajos han sido especialmente aplicados a la Bahía de Santander (Alaejos, 1905 ; Rioja, 1917, 1918 ; Rodriguez y Fernandez, 1945; Castillejo, Cardenas, y Pereda, 1979 ; Lopez Cotelo, Vieitez, y Diaz Pineda, 1982). Estudios semejantes referidos a la costa Noroccidental española pueden ser tomados como antecedentes del presente trabajo (Margalef, 1958; Figueras, 1986 ; Mora, 1980 ; Lopez Jamar y Mejuto, 1985 ; Planas, 1986, Junoy, 1988).

Nuestro propósito es realizar un estudio acerca de la ecología de las poblaciones bentónicas de los sustratos blandos infralitorales de la Bahía de Santander, tratando de definir las distintas comunidades macrofaunísticas presentes en la zona de estudio y las características biosedimentarias de los fondos sobre los que se asientan.

MATERIAL Y METODOS

Los muestreos se llevaron a cabo entre junio y septiembre de 1985, disponiéndose los puntos de muestreo sobre transectos con direcciones Norte-Sur y Este-Oeste, y siendo la separación entre ellos de 500 m (Fig. 1). De las 51 estaciones programadas inicialmente, 4 de ellas resultaron nulas por presentar fondos rocosos (A-4, B-1, C-1 y B-6) o por localizarse dentro de zonas sometidas a intensos dragados (1-2). Las recogidas se efectuaron mediante una draga del tipo Van Veen, de 0.05 m² de superficie de ataque. El número de golpes fué de 5, lo que supone una superficie de muestreo de 1/4 de m², lo cual se considera suficiente para los estudios de fondos fangosos y arenosos, al cumplir los requisitos de área mínima, (Hily, 1976 ; Lopez Jamar, 1978a, 1978b ; Bakalem Belloul y Romano, 1982). El material fue tamizado con malla cuadrada de 1 mm de lado.

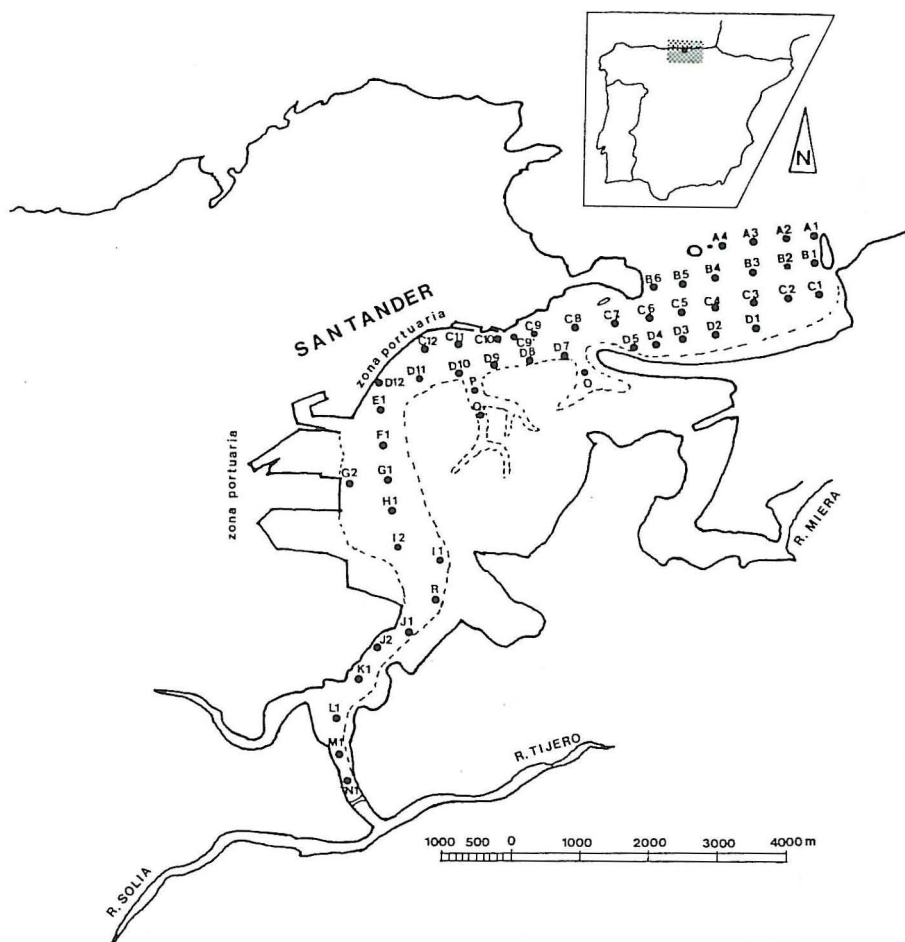


Fig. 1 : Distribución de las estaciones de muestreo. La línea discontinua indica el límite de la zona intermareal.

El estudio sedimentológico se ha basado en el análisis granulométrico y en la valoración de los carbonatos y carbono orgánico presentes en el sustrato.

La diversidad se calculó a partir del índice de diversidad (H) de Shannon-Weaver (Margalef, 1974) y la equitatividad (E) según la fórmula $E = H/H_{max}$ (Daget, 1976).

El tratamiento de los datos para los estudios poblacionales siguió dos vías distintas :

1. A datos cualitativos (presencia-ausencia) de las especies en las estaciones de muestreo, se aplicó el coeficiente de correlación de punto (Daget, 1976), construyéndose una matriz de correlación a través de la cual se realizó la ordenación por dendrogramas obtenidos mediante el programa BMDP2M (Dixon, 1983), que utiliza como distancia matemática los cuadrados de las distancias euclídeas y el "single-link method" como algoritmo de clustering (Sneath & Sokal, 1973).

2. A datos cuantitativos de las especies con presencias en al menos el 10 % de las estaciones de muestreo (datos significativos), se aplicó el análisis factorial de correspondencias. Dado que una de las características propias de este análisis es la de otorgar papeles simétricos a las variables y a las observaciones, podemos realizar un análisis simultáneo de cualquiera de ellas respecto a las otras. Además, esta posibilidad de simultaneidad no es arbitraria, como sucede en componentes principales, con lo cual un sujeto estará tanto más próximo a un objeto cuanto más importancia tenga éste en la determinación del perfil de aquel (Gil, 1978).

La clasificación biocenótica de las especies se llevó a cabo a partir de los índices de Constancia (Dajoz, 1971), Fidelidad y Fidelidad x Dominancia ; estos índices, utilizados por autores como Cabioch (1961), Hily (1976), Mora (1980) y Planas (1986) entre otros, nos han permitido comparar las distintas poblaciones entre si, y detectar las facies presentes en ellas.

AREA DE ESTUDIO

Geográficamente, la bahía se situa entre los 43°28'01" y 43°04'01" de latitud Norte y 03°43' 59" y 03°48'04" de longitud Oeste ; aproximadamente el 50 % de su superficie pertenece al dominio infralitoral, objeto de nuestro estudio, ocupando el área restante unas plataformas intermareales de elevada productividad biológica (Fig. 1).

Es un sistema fuertemente condicionado por la acción antropógena : la actividad portuaria, los vertidos contaminantes, los procesos de dragado y los rellenos. Estos últimos han supuesto las pérdidas del 46 % de la superficie total original y del 83 % de la costa natural (Cendrero, 1975), lo cual ha dado lugar a una importante pérdida de poder de dilución y una menor capacidad de depuración de los vertidos que recibe, los cuales son estimados en 15.7 Hm³/año repartidos en 20 efluentes.

La batimetría (Tabla I) está condicionada fundamentalmente por los procesos de colmatación debidos a los continuos aportes marinos y fluviales que originan extensas áreas intermareales principalmente en el Sur de la bahía. Los limos y arcillas están relacionados con los aportes terrígenos de los ríos Miera, Solía y Tijero. La distribución de estas fracciones depende también de la hidrodinámica de la zona. Díaz De Teran (1976) en sus estudios

TABLA 1

Valores de profundidad (P), diversidad (H), equitatividad (E), riqueza específica (S) y densidad (ind/m²).

-Estación	P	H	E	S	No IND/m ²
A-1	21.0	1.03	0.37	7	244
A-2	18.0	3.86	0.96	19	168
B-2	16.5	1.93	0.48	16	440
C-2	9.5	2.01	0.72	7	96
A-3	19.0	1.35	0.85	3	12
B-3	16.5	3.26	0.80	17	324
C-3	13.0	2.21	0.66	10	156
D-1	3.0	1.00	1.00	2	8
B-4	17.0	2.20	0.56	15	400
C-4	10.5	1.17	0.42	7	280
D-2	1.5	2.16	0.93	5	32
B-5	13.0	2.77	0.84	10	128
C-5	10.5	1.24	0.39	9	336
D-3	2.5	1.43	0.55	6	196
C-6	10.5	2.47	0.82	9	96
D-4	2.5	1.58	1.00	3	12
C-7	10.5	3.11	0.84	13	152
C-8	6.5	2.53	0.65	15	200
C-9'	8.5	0.51	0.10	40	15465
D-7	14.0	2.42	0.56	21	616
C-9	10.5	3.06	0.67	25	844
C-10	11.5	2.99	0.60	33	1592
D-8	8.5	2.66	0.65	17	252
C-11	5.0	3.02	0.56	43	3280
D-9	7.5	3.84	0.70	45	1464
C-12	8.0	2.55	0.71	12	460
D-10	8.5	3.33	0.75	22	1464
D-11	11.5	2.37	0.50	27	
D-12	6.5	1.66	0.64	6	704
E-1	10.0	3.43	0.66	36	1312
F-1	2.0	3.82	0.72	39	1124
G-1	9.0	2.81	0.58	28	1072
G-2	10.0	2.56	0.60	19	936
H-1	7.5	3.67	0.68	41	1132
I-1	0.5	4.24	0.82	36	1112
R	2.5	3.86	0.80	29	1036
J-1	0.5	3.03	0.62	29	1064
J-2	3.0	2.49	0.51	30	2268
K-1	3.5	3.66	0.73	24	816
L-1	4.0	2.45	0.95	6	40
M-1	3.0	0.00	0.00	1	12
N-1	1.5	1.57	0.61	6	112
O	3.0	3.37	0.77	21	280
P	3.0	3.46	0.91	14	208
Q	1.5	4.06	0.76	40	996

sobre la dinámica de la bahía de Santander observa que la corriente de entrada, influida por la aceleración de Córionis, se introduce principalmente por la zona Oeste (canal de acceso) en forma de cuña salina y con la carga de sedimento en su parte inferior. Esta corriente al distribuirse a otras zonas de la bahía y al pasar el momento culminante de la pleamar va

perdiendo velocidad y depositando su carga. Parker (1982), afirma que las bajas energías de las corrientes promueven el asentamiento de las partículas finas, lo que conduce a depósitos pelíticos con valores muy elevados.

Con respecto a las características hidrodinámicas, el sistema de corrientes que predomina es el de marea, viéndose muy influenciado por los vientos, sobre todo en superficie y en carreras de marea pequeñas. La zona externa, está sometida al oleaje y a fuertes corrientes de marea de hasta 1.74 nudos en profundidad (Castillejo, Esteban y Lavin, 1984).

En lo referente a la salinidad y temperatura de la zona de estudio, se eligieron 4 estaciones de muestreo características de los distintos ambientes de la bahía, para realizar los seguimientos mensuales a lo largo de un año de estos parámetros en agua de fondo :

B-3.- Zona externa de la bahía sometida a la influencia oceánica : la $S \%$ oscila entre 34.6 y 38.88, siendo el valor medio de 36.78. La T_a oscila entre los 12°C y 20.3°C , siendo la media anual de 15.4°C .

C-11.- Zona portuaria sometida a vertidos urbanos : la $S \text{‰}$ oscila entre 34.12 y 37.83, siendo el valor medio de 36.13. La T_a oscila entre los 12.5°C y 20.40°C , siendo el valor medio anual de 15.4°C .

E-1.- Canal portuario : la $S \text{‰}$ oscila entre 34.60 y 37.42, siendo el valor medio de 36.14. La T_a oscila entre los 10.5°C y 20.8°C , siendo el valor medio de 15.3°C .

R.- Zonas someras del tercio interno de la bahía : la $S \text{‰}$ oscila entre 30.87 y 37.01, siendo el valor medio de 35.22. La T_a oscila entre los 6.6°C y 21.8°C , siendo el valor medio de 15.4°C .

Estos datos nos permiten apreciar la constancia de los valores medios de estos parámetros y la baja influencia de los aportes fluviales que recibe la bahía, siendo el principal el del Río Miera, cuyo valor promedio es de $220 \text{ Hm}^3/\text{año}$. La media anual de las salinidades tan solo aprecia diferencias de 1.56‰ entre los valores recogidos en la zona externa, con un ambiente nétamente oceánico, y los de la zona interna.

RESULTADOS

Resultados Sedimentológicos

Al igual que ocurre en otros sistemas estuáricos del Norte y Noroeste de España, los tipos sedimentarios predominantes son fangos, fangos arenosos y arenas limpias.

En la figura 2, se representan las características granulométricas de los 46 puntos de muestreo según el sistema americano (F.A.O., 1966).

Podemos decir que las arenas son la porción textural más importante, representando más del 75 % en peso en 26 de las estaciones muestreadas. En cuanto a la distribución de esta fracción, domina en todas las estaciones situadas al Este de la estación C-8 (zona externa con influencia oceánica), alcanzando valores por encima del 95 % en todas las estaciones salvo en C-3. Con respecto a los diferentes tipos de arenas, predominan las caracterizadas como finas y medias.

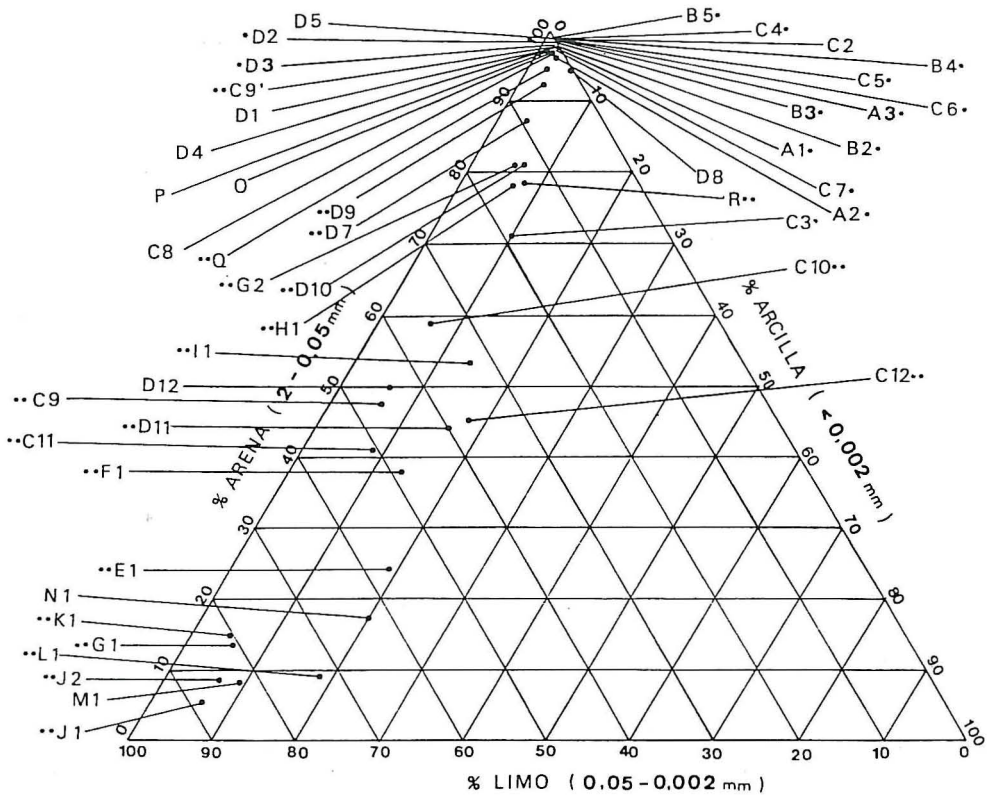


Fig. 2 : Diagrama triangular de los puntos de muestreo según los porcentajes de arenas, limos y arcillas. * = Estaciones del Núcleo I. ** = Estaciones del Núcleo II.

Los limos son la segunda fracción en importancia, alcanzando valores por encima del 75 % en 5 de los puntos muestreados, situados todos ellos en el tercio más interno de la bahía. Toman valores significativos a partir del mismo límite establecido anteriormente para las arenas : la estación C-8 marca el punto a partir del cual esta fracción comienza a caracterizar la textura del sustrato ; en la zona de influencia oceánica los limos son inapreciables, a excepción de la estación C-3 (19.37 %).

Con respecto a la materia orgánica (Fig. 3) observamos un gradiente que aumenta a medida que penetramos en la bahía, alcanzando un máximo de 4.3 % en el tercio interno. Es apreciable que las zonas de arenas limpias de las áreas más externas de la bahía con contenidos en limos por debajo del 15 %, presentan niveles de materia orgánica por debajo del 1 %. Algo parecido sucede en una zona de granulometría arenosa que aparece en el tercio interno, implicando a las estaciones G2, H-1 y R, en la cual el porcentaje de limos está por debajo del 15 % y la materia orgánica apenas supera el 1 %.

Los Carbonatos (Fig. 4) presentan mayores valores en la zona de influencia oceánica, con máximos de 94 % (C-2), siendo fundamentalmente de origen conchífero. Los mínimos

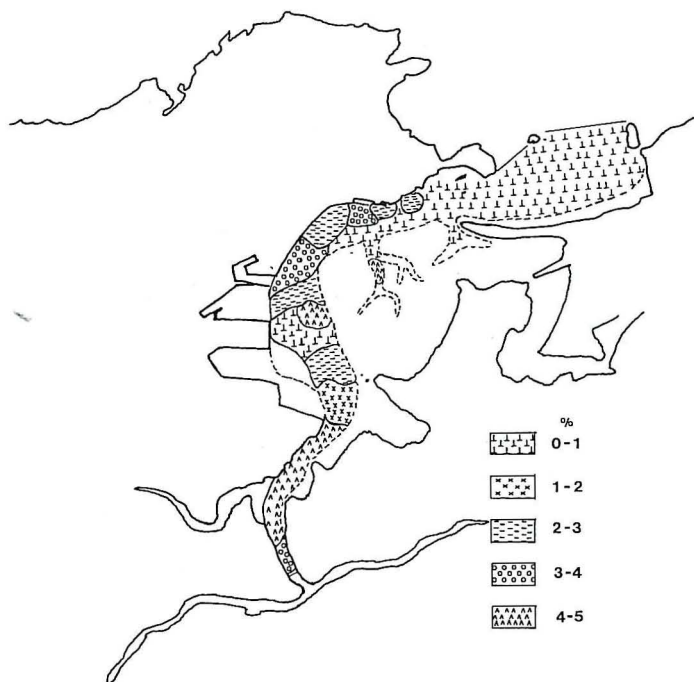


Fig. 3 : Distribución de los niveles de materia orgánica en sedimento.

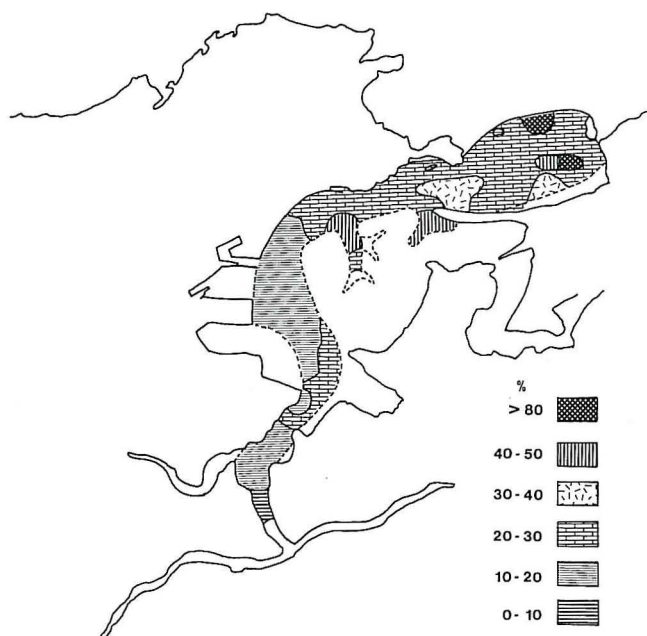


Fig. 4 : Distribución de los niveles de Carbonatos en sedimento.

aparecen en el tercio interno, lo que indica la importancia de los aportes terrígenos de este área.

Resultados faunísticos

De los 46 muestreos realizados sólo uno resultó nulo a efectos faunísticos (C-5), obteniéndose un total de 10.776 individuos repartidos en 193 especies, (cuyo estudio será objeto de una posterior publicación) distribuidos de la siguiente forma :

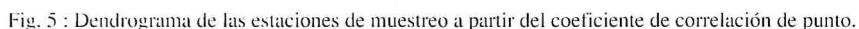
FILUM	CLASE	N° ESP.	N° IND	%
Anélidos	Poliquetos	58	6 944	64.43
Moluscos	Gasterópodos	20	2 795	25.93
	Bivalvos	50		
Artrópodos	Picnogónidos	5	792	7.35
	Malacostráceos	50		
Equinodermos	Holoturoideos	1	27	0.25
	Equinoideos	3		
	Ofiuroideos	2		
Cordados	Ascidias	1	112	1.03
Cnidarios		3	57	0.52
Nemertinos		?	49	0.45

Los valores de Diversidad (H) a partir del índice de Shannon, oscilan entre 0.51 y 4.24, con fuertes variaciones de unos puntos a otros (Tabla I). Acudiendo a la regresión lineal, comprobamos que los valores de H dependen en mayor medida de la riqueza específica que de la Equitatividad.

Resultados biocenóticos

A partir de la matriz formada con los valores del índice de Correlación de Punto, se construyó el dendrograma correspondiente, obteniéndose una ordenación jerárquica de los puntos de muestreo (Fig. 5).

Con el fin de obtener una representación gráfica que pusiera en evidencia adecuadamente los agrupamientos de la distintas estaciones de muestreo, se acudió a la construcción de un diagrama dendrítico (Fig. 6) a partir del nivel de significación del 99.9 % del coeficiente de Correlación de Punto, optimizando la ordenación a partir de la obtenida en el análisis de cluster.



El núcleo II está formado por las estaciones internas de la bahía no expuestas a los fuertes hidrodinamismos que caracterizan a la zona anterior y con características sedimentarias heterogéneas. En la figura 7 aparece la familia de curvas granulométricas que caracteriza esta zona. La media de la fracción arenosa de este núcleo es de 51.49 % y la pelítica del

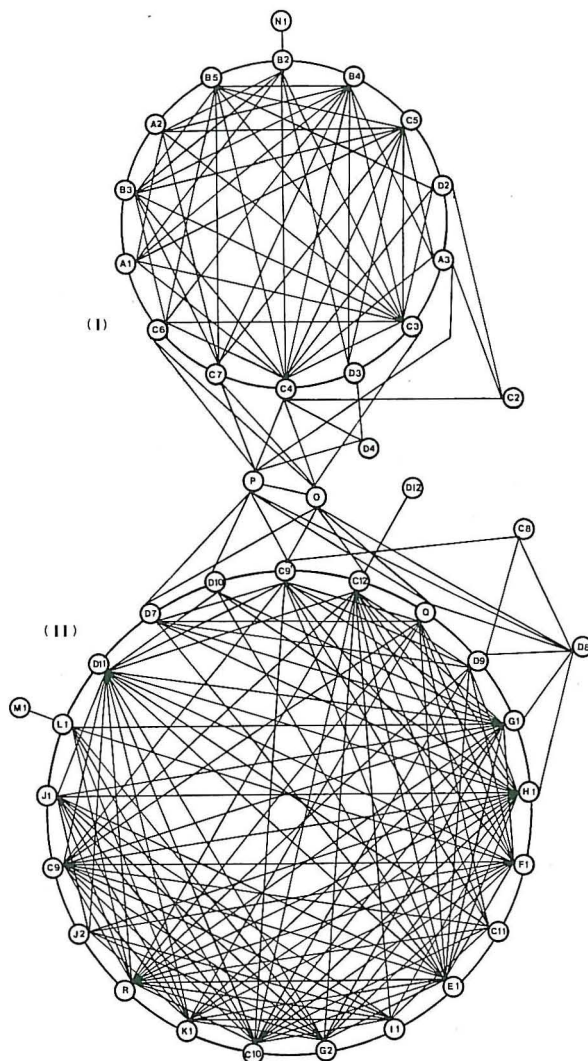


Fig. 6 : Diagrama dendrítico : las líneas unen las estaciones de muestreo con similitudes con significaciones por encima del 99.9 % del coeficiente de correlación de punto.

48.26 %. Los carbonatos varían entre el 28.2 % de B-7 y 10.6 % de L-1, siendo el valor medio de 21.3 %. La media de materia orgánica es de 2.28 %.

La figura 8 muestra la disposición de estos dos grupos de estaciones en la zona de estudio.

Aplicando el análisis de la varianza, encontramos diferencias significativas a un nivel del 99 % entre estos dos núcleos en lo que se refiere a % de arenas, % de materia orgánica y valores de Diversidad.

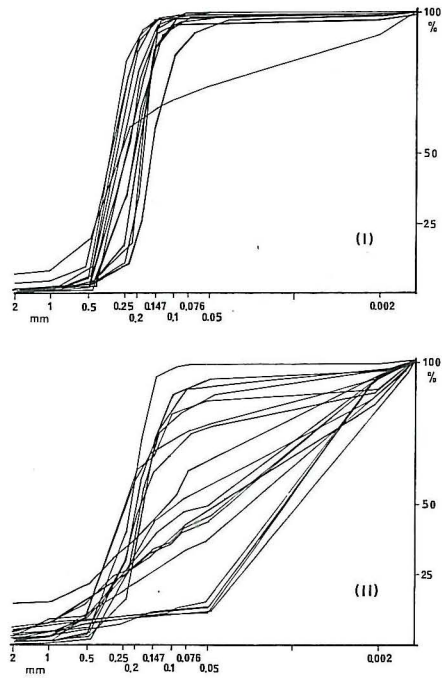


Fig. 7 : Curvas granulométricas acumulativas de las estaciones correspondientes al Núcleo I y Núcleo II.

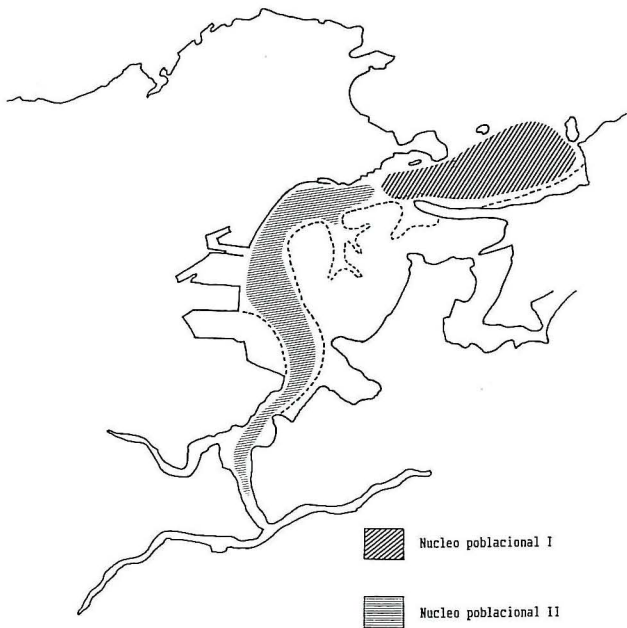


Fig. 8 : Mapa de distribución de los núcleos poblacionales I y II.

Análisis específicos

Aplicando los índices de Constancia y Fidelidad a las poblaciones obtenidas a partir del tratamiento numérico previo, definimos las siguientes categorías específicas :

NUCLEO I

Comunidad de arenas limpias con influencia oceánica.

Constantes Exclusivas : *Diogenes pugilator*.

Constantes Electivas : *Nephtys cirrosa*.

Muy comunes Exclusivas : *Siphonocetes dellavallei*.

Muy comunes Electivas : *Iphinoe trispinosa*.

Comunes Exclusivas : *Donax vittatus*, *Diastylis bradyi*, *Eurydice* spp, *Hippomedon denticulatus*, *Bathyporeia elegans*, *Pontocrates altamarinus*.

Comunes Electivas : *Urothoe brevicornis*.

Comunes Preferentes : *Mysta picta*.

Con el fin de descubrir las posibles facies existentes en la comunidad acudimos al cálculo del índice de Fidelidad x Dominancia. Observamos una población con estructura de facies en el área definida por las estaciones A1, A2, B2, B3 y B4, caracterizada por *Donax vittatus*, *Diastylis bradyi*, *Siphonocetes dellavallei* e *Iphinoe trispinosa*.

NUCLEO II

Comunidad establecida en el interior de la bahía.

Constantes Exclusivas : *Nassarius pygmaeus*, *Abra alba*, *Notomastus latericeus*.

Constantes Electivas : *Nassarius reticulatus*.

Muy comunes Exclusivas : *Parvicardium exiguum*, *Thyasira flexuosa*, *Melinna palmata*, *Pectinaria koreni*, *Euclymene oerstedii*, *Glycera unicornis*, *Phylodoce* spp., *Nephtys hombergii*.

Muy comunes Electivas : *Cerianthus* spp, *Dosinia exoleta*.

Muy comunes Preferentes : *Nemertino* spp..

Comunes Exclusivas : *Natica alderi*, *Corbula gibba*, *Nucula turgida*, *Thracia phaseolina*, *Venerupis pullastra*, *Sphaerocardium paucicostatum*, *Lucinoma borealis*, *Calyptrea chinensis*, *Philine aperta*, *Venerupis aurea*, *Mysella bidentata*, *Ringicula auriculata*, *Macroclymene* cf. *santanderensis*, *Polycirrus* cf. *pallidus*, *Glycera convoluta*, *Lumbrineris latreilli*, *Platynereis dumerilii*, *Phtisica marina*.

Comunes Electivas : *Venus striatula*, *Solen marginatus*, *Spisula elliptica*, *Owenia fusiformis*, *Sthenelais boa*.

A partir del índice F x D definimos una población con estructura de facies en el tercio interno de la bahía, (implicando a las estaciones E1, F1, G1, G2, H1, I1, R, J1, J2, K1 y L1) formado por los Poliquetos *Melinna palmata* y *Pectinaria koreni*, y los Moluscos *Solen marginatus* y *Parvicardium exiguum*.

Con respecto al carácter indicador de la fauna, señalaremos la existencia de una población de elevada densidad de *Spiochaetopterus costarum* en la estación C-9 y la presencia de

Capitella capitata en D-12 ; estas dos especies indican un cierto nivel de perturbación en dos estaciones localizadas en una zona de actividad portuaria.

Análisis factorial de correspondencias : Faunística

La matriz de datos utilizada en la construcción de este análisis es el resultado de la eliminación en la matriz total (construida a partir de los efectivos de las 197 especies encontradas en las 45 estaciones) de aquellas especies que no presentaban efectivos en al menos el 10 % de las muestras, con lo que la matriz quedó reducida a las 64 especies, listadas más adelante.

Los parámetros explicativos de este análisis son los siguientes :

EJES	% INERCIA	INERCIA ACUMULADA
I	15.64	15.64
II	14.75	30.39
III	8.70	39.09

Dado el bajo porcentaje de inercia explicada en función del eje III y de la escasa información que aportaba, se excluyó de la interpretación.

Los resultados arrojan ordenaciones muy semejantes de los puntos-estaciones y de los puntos-especies. Según esto, los ejes I y II distribuyen las estaciones y las especies en dos agrupaciones fundamentales : un grupo muy denso, próximo al origen, y un grupo de menor densidad que parece distribuirse sobre la diagonal del cuadrante que forman los ejes I y II, disponiéndose de igual manera una serie de estaciones y especies intermedias que se van aproximando gradualmente al-origen (Fig. 9, Fig. 10).

Los agrupamientos de elevada densidad que en las dos gráficas encontramos próximos al origen, son superponibles, diferenciándolos, respectivamente, lo que a través de los índices cualitativos de correlación de punto, Constancia y Fidelidad, habíamos definido como núcleo II de la zona interna de la bahía y toda la serie de especies caracterizadas como constantes, muy comunes, comunes, exclusivas, electivas y preferentes. La elevada concentración de puntos, así como su proximidad al origen, nos indican que se trata de un grupo muy relacionado entre si, con un reparto bastante homogéneo de las especies en las estaciones.

Los grupos que, en los dos casos, se sitúan más alejados del origen, también son susceptibles de superposición, originando el conjunto de especies y estaciones que habíamos definido como núcleo I, localizado en la zona más externa de la bahía, sobre fondos arenosos. Aquí observamos que la especie que más se aleja del origen es *Diogenes pugilator*, característica de toda esta comunidad, con efectivos importantes en casi todas las estaciones, pero en especial en A-1, B-2, B-4, C-4 y C-5. Estas estaciones poseen también una gran afinidad entre si según el coeficiente de correlación de punto.

Entre los dos agrupamientos principales que acabamos de precisar, aparece un continuo de estaciones y especies que parecen interconectar ambos conjuntos. Vemos que se trata de

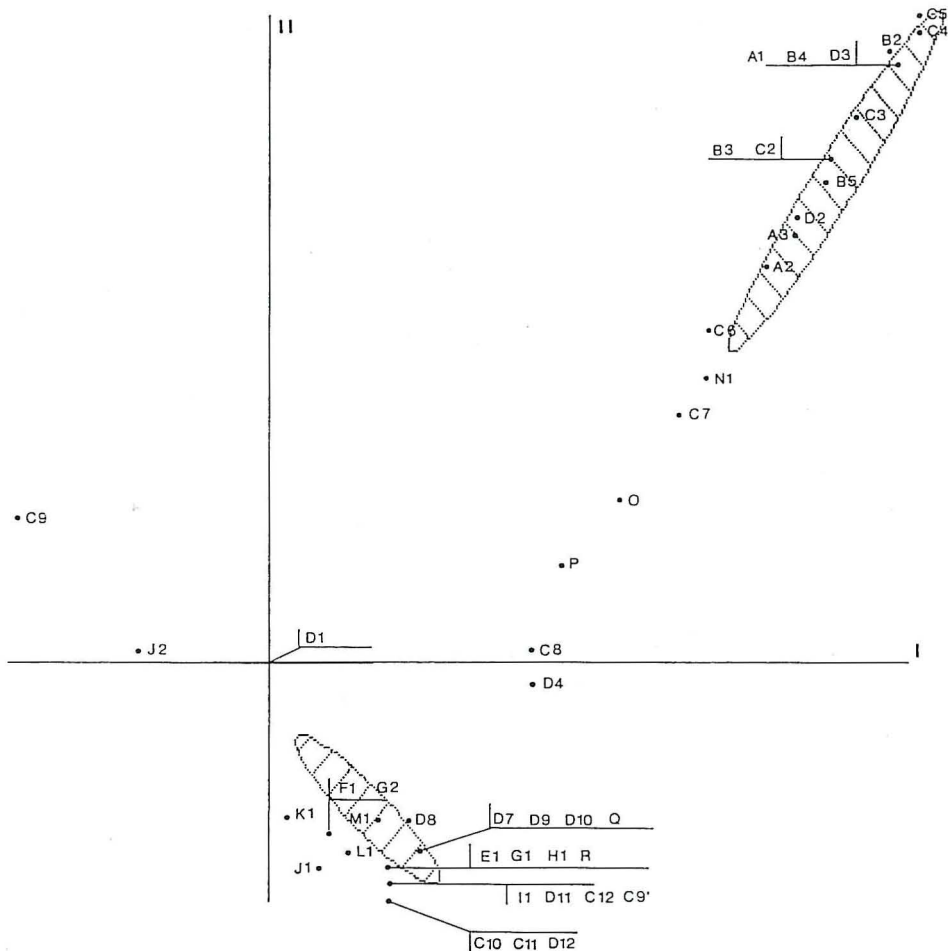


Fig. 9 : Análisis de correspondencias: ejes I y II: estaciones de muestreo.

dos tipos de estaciones : las de transición (O y P) y aquellas que aparecían como laterales en el diagrama dendrítico (C-8, D-4 y N-1).

Con respecto a las especies que ocupan lugares intermedios, vemos que se trata de aquellas cuya Fidelidad es menor del 91 %, es decir, están presentes significativamente en los dos grupos fundamentales de estaciones.

Aparecen en las dos representaciones algunos casos particulares de estaciones y especies que se apartan de la repartición general. Se trata de las estaciones C-9 y J-2 (de composición específica muy similar al resto de las estaciones del núcleo II) y de los Poliquetos *Aonides oxicephala* y *Spiochaetopterus costarum*. La estación C-9 se superpone con *S. costarum* debido a que en dicha estación aparece un efectivo de 14.656 ind/m². El caso de la

superposición entre *Aonides oxicephala* con la estación J-2 es un suceso paradójico, dado que esta especie no aparece en esta estación. *A. oxicephala*, presente en diversas estaciones del núcleo II, alcanza su máximo de individuos en C-9, con lo que, en su desplazamiento hacia esta estación, se solapa circunstancialmente con J-2, desplazada a su vez en dirección C-9 por su importante densidad de *S. costarum* (1.068 ind/m²).

Con el objeto de averiguar si los resultados obtenidos en la clasificación de especies y estaciones a partir de los índices cualitativos, eran coincidentes con los recogidos en el análisis factorial de correspondencias, se acudió al método de las elipses de confianza, cuyo cálculo está basado en el de ejes principales y regiones de confianza expuesto por Sokal y Rohlf (1979). Este método nos ha permitido representar gráficamente los espacios definidos por los distintos conjuntos de puntos en las ordenaciones obtenidas a través del análisis de correspondencias.

De esta manera, dentro de la ordenación de estaciones, fueron representadas las elipses de confianza a un nivel significación del 99 %, a partir de las coordenadas de las estaciones que habíamos definido previamente como pertenecientes al núcleo I y núcleo II según el coeficiente de correlación de punto (Fig 9).

De la misma manera, dentro de la ordenación de especies se generaron las dos elipses correspondientes a los conjuntos de especies que habíamos definido como características de los grupos de estaciones antes citados, a través de los índices de Constancia y Fidelidad (Fig. 10)

Observamos que, tanto en el diagrama de estaciones como en el de especies, las áreas de confianza definidas por las elipses aparecen claramente separadas, lo que evidencia la coincidencia de los resultados obtenidos a través de las dos técnicas estadísticas utilizadas pese a ser de diferente naturaleza.

Relación con las características físico-químicas

Para valorar en qué medida los parámetros físico-químicos del medio subyacían a los resultados biocenóticos, se acudió al análisis factorial de correspondencias basado en datos transformados ($\log(x+1)$) de la profundidad, % de limo, % C orgánico, % de Carbonatos y tamaño medio de grano.

Los parámetros matemáticos explicativos del análisis son los siguientes :

EJES	% INERCIA	INERCIA ACUMULADA
I	81.80	81.80
II	12.65	94.45
III	3.40	97.85

Casi toda la información es aportada por el eje I, distribuyéndose las estaciones a lo largo de él, disponiéndose en dos grupos en los lados positivo y negativo del eje.

Sobre la ordenación obtenida se generaron dos elipses de confianza a partir de las coordenadas de las estaciones pertenecientes a los dos núcleos poblacionales (I y II), estableci-

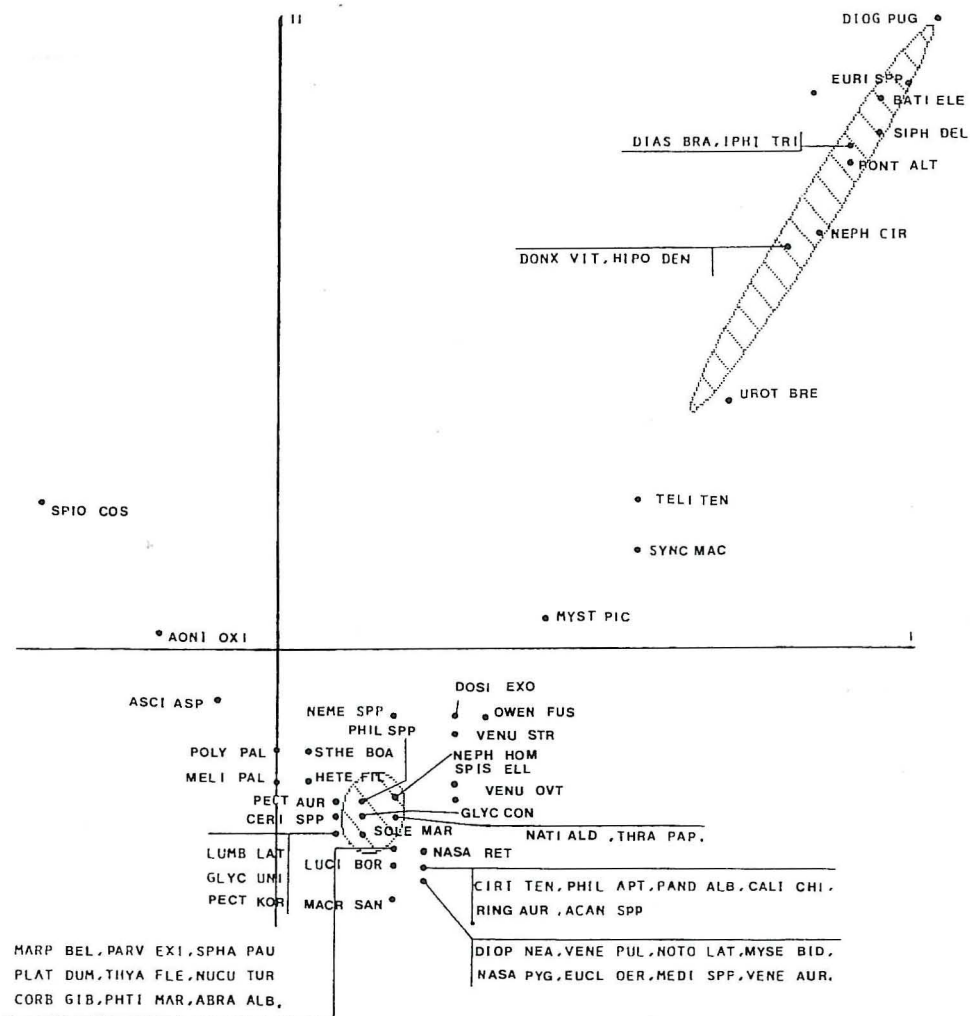


Fig. 10 : Análisis de correspondencias : ejes I y II: especies significativas.

dos anteriormente en función de los datos de faunística. De esta manera se obtuvieron dos elipses claramente separadas a un nivel de significación del 99 % (Fig 11) .

Estos resultados ponen en evidencia la base físicoquímica de las diferencias poblacionales establecidas anteriormente en función de datos meramente faunísticos.

En el lado positivo del eje I se localizan las estaciones pertenecientes al núcleo II superpuestas espacialmente a los parámetros % limos y C orgánico, por lo que asumimos que estos son los parámetros discriminantes de este agrupamiento. En la parte negativa del eje I se sitúan las estaciones propias del núcleo I, solapadas con % carbonatos, tamaño medio de grano y profundidad.

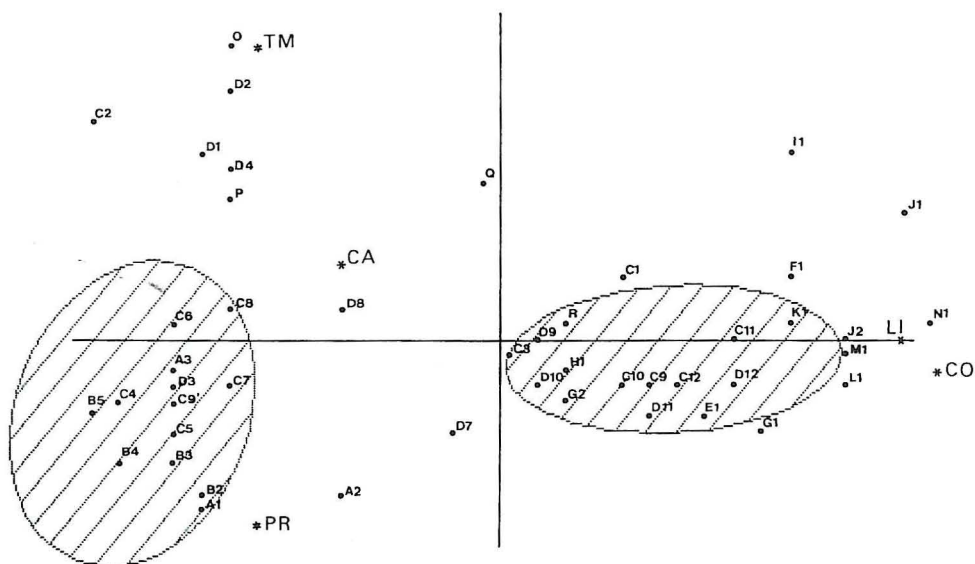


Fig. 11 : Análisis de correspondencias : ejes I y II: estaciones de muestreo y parámetros físico-químicos : CA = % carbonatos, PR = profundidad, TM = tamaño medio de grano, LI = % limos, CO = % C orgánico.

DISCUSION

Discusión sedimentológica

Analizando la composición granulométrica de las estaciones (Fig. 2), encontramos una gran semejanza con las distribuciones de los distintos tipos texturales en otros sistemas semejantes del Norte y Noroeste de la Península Ibérica como la Ría de Ribadeo (Currás, com. per.), la Ría de Arosa (Mora, 1980), la Ría de Pontevedra (Mora, 1982), el estuario del Tajo (Calvario, 1984) o la Ría de Foz (Junoy, 1988). En estos medios los sedimentos de las zonas externas presentan mayores cantidades de arenas y gravas, apareciendo en las zonas internas los mayores niveles pelíticos.

En la bahía de Santander podemos detectar un gradiente de enriquecimiento en la fracción fina a medida que avanzamos hacia el interior, debido fundamentalmente al origen continental de las pelitas.

Las arenas, de origen marino (Díaz De Teran, 1976), se distribuyen en las áreas externas, de ambiente oceánico, en los que la presencia de pelitas se hace difícil dado el elevado hidrodinamismo de la zona.

La materia orgánica presenta valores bastante bajos si se compara con los encontrados en medios próximos semejantes como las rías gallegas, donde se alcanzan valores de 7.39 % en Ribadeo (Currás, com. per.), 10.32 % en Arosa (Mora, 1980), 16.5 % en la Ría de La Coruña (Lopez Jamar, 1985), o la rada de Brest (Hily, 1984), con valores de 9.25 %.

La cantidad de materia orgánica está directamente correlacionada, con una significación superior al 99 %, con la proporción de sedimentos finos.

Con respecto a los Carbonatos, los elevados valores de la zona externa ya fueron señalados por Díaz De Teran (1976) que obtiene registros del orden de 34-38 % en su estudio sobre la formación de playas en este área. La disminución de los carbonatos en la zona interna de la bahía permite suponer que en esta zona los aportes terrígenos tienen una mayor importancia ; Calvario (1984) señala la presencia de mayores valores de CO_3Ca en las zonas terminales del estuario del Tajo, siendo mínimos los valores que aparecen en los sedimentos de origen fluvial.

Discusión biocenótica

En general los datos de Diversidad y riqueza específica los podemos considerar como típicos de las comunidades descritas. En función de estos parámetros y de las especies halladas, no se hace evidente una perturbación generalizada de las comunidades, tal y como sucede en otros medios portuarios, como el de Brest (Hily, 1984) o el estuario del Sena (Proniewski y Elkaïm, 1980). Únicamente aparecen altas densidades de especies indicadoras de perturbación en estaciones pertenecientes a transectos que discurren próximos a la zona portuaria : *Spiochaetopterus costarum* en C-9 y *Capitella capitata* en D-12.

En lo que se refiere a la comunidad establecida en el área de influencia oceánica, está caracterizada por *Diogenes pugilator*, *Siphonocetes dellavallei*, *Nephtys cirrosa*, *Iphinoe trispinosa*, *Donax vittatus*, *Diastylis bradyi*, *Eurydice* spp., *Hippomedon denticulatus*, *Bathyporeia elegans* y *Pontocrates altamarinus*.

Monteiro (1984), en su estudio sobre las comunidades de la costa del Algarve (S de Portugal) encuentra un medio con una caracterización granulométrica mayor que la nuestra, en el que descubre la presencia del Cefalocordado *Branchiostoma lanceolatum* acompañado de *Ophúra ophúra*, *Nephtys cirrosa*, *Diogenes pugilator* e *Iphinoe trispinosa*. La ausencia de *B. lanceolatum* en Santander podría estar relacionada con la inestabilidad de sus poblaciones, de acuerdo con las observaciones de Monteiro (opus cit.) o con otras causas como los frecuentes dragados que revierten en todo el área, amén de la menor granulometría. Pérès y Picard (1964) señalan a lo largo de grandes franjas costeras y en los fondos de las bahías del Adriático, la presencia de una biocenosis de arenas finas bien calibradas integrada, entre otras, por las especies *Macra corallina*, *Iphinoe trispinosa* y *Diogenes pugilator*, estando la Dominancia en este caso desplazada hacia los Pelecípodos y no hacia los Crustáceos, como es el caso de la Bahía de Santander.

La comunidad del interior de la bahía presenta como especies características a *Abra alba*, *Parvicardium exiguum*, *Nephtys hombergii*, *Thyasira flexuosa*, *Melinna palmata*, *Pectinaria koreni*, *Euclymene oerstedii*, *Glycera unicornis* y *Phyllodoce* spp.. Según esto, podemos suponer que nos encontramos ante una "Comunidad de Syndosmia" (Thorson, 1957) caracterizada en su estado puro, por instalarse sobre sedimentos finos ricos en materia orgánica, y por estar formada por las especies *Abra alba*, *Cultellus pellucidus*, *Corbula*

gibba, *Pectinaria koreni*, *Nephtys* spp., *Glycera* sp., *Nucula nitida*, *Nucula nucleus* y *Ophiura albida*.

La comunidad de *Abra* ha sido hallada en numerosos medios de características similares a la Bahía de Santander : Cabioch (1968) en las poblaciones del canal de la Mancha occidental, Pearson (1970) en la costa Oeste de Escocia, Retière (1979) en el golfo Normanno-Breton, Warwick y George (1980) en la Bahía de Swansea, Rees y Walker (1983) en la Bahía de Liverpool, Hily (1984) en la rada de Brest, Dauvin (1986) en la Bahía de Morlaix. En nuestro caso, la heterogeneidad sedimentaria que presenta la zona de estudio, provoca una variedad poblacional paralela, apareciendo fenómenos de facies y transiciones, además de una mayor Diversidad, Densidad y riqueza específica, lo cual está de acuerdo con los trabajos de Bodin *et al.* (1985) en la Bahía de Douarnenez, en donde encuentra un aumento de estos parámetros al dirigirse a zonas de menor granulometría.

Cabioch (1968) habla de la comunidad de *Abra alba*-*Corbula gibba* con dos facies principales : *Hyalinoecia bilineata*, en arenas finas de la Pierre-Noire, y la facies de *Melinna palmata* en los sedimentos fangosos de los canales de la Rivière de Morlaix. Glémarec (1973) describe una comunidad de *Nucula turgida*-*Melinna palmata*-*Abra nitida* sobre fondos con partículas finas por encima del 50 % en la plataforma continental de North Gascony. Retière (1979) define una facies de *Melinna palmata* en la comunidad de *Abra* en la Rance Maritime. Proniewski y Elkaïm (1980) encuentran una facies de *Abra alba*-*Pectinaria koreni* en los canales del estuario del Sena sobre fondos areno-fangosos. En Santander aparece una facies un tanto atípica de *Melinna palmata* en el tercio interno de la bahía, apareciendo simultaneamente con *Parvicardium exiguum*, *Pectinaria koreni* y *Solen marginatus* ; dicha facies está asentada sobre fondos de clasificación granulométrica fundamentalmente limosa.

Otra variación sobre la comunidad de *Abra* la encontramos en el conjunto de estaciones que bordean los páramos arenosos intermareales que ocupan todo el Sur de la bahía y en los puntos más próximos a las zonas arenosas (D7, D8, D9, D10, D11, C8 Y C9), estando caracterizada, por *Abra alba*, *Nephtys hombergi*, *Venus striatula*, *Spisula elliptica*, *Dosinia exoleta*, *Nucula turgida* y *Owenia fusiformis*. Estas poblaciones podrían representar una transición a la comunidad de la zona de influencia oceánica.

CONCLUSIONES

En la Bahía de Santander, podemos establecer un claro paralelismo entre distribución de comunidades infralitorales y parámetros sedimentarios. La comunidad de *Abra alba* se establece en la parte interna, sobre fondos heterogéneos que determinan una heterogeneidad poblacional paralela, con fracciones significativas tanto de arenas como de limos y arcillas, y con valores importantes de materia orgánica y mínimos de carbonatos.

En el área de influencia oceánica, con fondos fundamentalmente arenosos, mínimos valores de materia orgánica y máximos de carbonatos, la comunidad que se establece está

dominada por los Crustáceos, presentando bajos niveles de Diversidad, riqueza específica y Densidad.

Los métodos estadísticos utilizados, basados en coeficientes de similitud cualitativos y análisis multivariante arrojan resultados similares que permiten establecer diferencias significativas entre estas dos comunidades tanto en términos faunísticos como físico-químicos.

CATALOGO DE ESPECIES SIGNIFICATIVAS

Las especies que denominamos significativas son aquellas que aparecen en al menos en el 10 % de las estaciones de muestreo, y son las únicas consideradas como válidas para la realización del análisis multivariante.

MOLUSCOS

<i>Tellina tenuis</i> (Da Costa, 1778).	TELI	TENT
<i>Thyasira flexuosa</i> (Montagu, 1803).	THYA	FLE
<i>Nucula turgida</i> (Leckemby, 1875).	NUCU	TUR
<i>Corbula gibba</i> (Olivi, 1792).	CORB	GIB
<i>Abra alba</i> (Wood, 1802).	ABRA	ALB
<i>Donax vittatus</i> (Da Costa, 1778).	DONX	VIT

POLIUETOS

<i>Melinna palmata</i> Grube, 1870.	MELI	PAL
<i>Pectinaria koreni</i> Malmgren, 1866.	PECT	KOR
<i>Pectinaria auricoma</i> (Muller, 1776).	PECT	AUR
<i>Euclymene oerstedii</i> (Claparède, 1866).	EUCL	OER
<i>Macroclymene cf. santanderensis</i> (Rioja, 1917).	MACR	SAN
<i>Notomastus latericeus</i> Sars, 1851.	NOTO	LAT
<i>Owenia fusiformis</i> Delle Chiaje, 1841.	OWEN	FUS
<i>Mediomastus</i> spp.	MEDI	SPP
<i>Cirriformia tentaculata</i> (Montagu, 1803).	CIRI	TEN
<i>Heteromastus filiformis</i> (Claparède, 1864).	HETE	FIL
<i>Polycirrus cf. pallidus</i> (Claparède, 1864).	POLY	PAL
<i>Aonides oxycephala</i> (Sars, 1862).	AONI	AXI
<i>Spiochaetopterus costarum</i> (Claparède, 1870).	SPIO	COS
<i>Glycera convoluta</i> Keferstein.	GLYC	CON
<i>Glycera unicornis</i> Savigny, 1818.	GLYC	UNI
<i>Phylodoce</i> spp. Savigny, 1818.	PHIL	SPP
<i>Mysta picta</i> Quatrefages, 1865.	MYST	PIC
<i>Nephtys cirrosa</i> Ehlers, 1818.	NEPH	CIR
<i>Nephtys hombergi</i> Savigny, 1818.	NEPH	HOM
<i>Sthenelais boa</i> (Johnston, 189).	STHE	BOA
<i>Lumbrinereis latreilli</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	LUMB	LAT
<i>Platynereis dumerillii</i> Audouin & Milne-Edwards, 1834	PLAT	DUM

<i>Diopatra neapolitana</i> Delle Chiaje, 1841.	DIOP	NEA
<i>Marphysa bellii</i> (Audouin & Milne-Edwards, 1833).	MARP	BEL
CRUSTACEOS		
<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829).	DIOG	PUG
<i>Eurydice</i> spp.	EURY	SPP
<i>Bathyporeia elegans</i> Watkin, 1938.	BATI	ELE
<i>Siphonocetes dellavallei</i> Stebbing.	SIPH	DEL
<i>Pontocrates altamarinus</i> (Bate, Westwood, 1862).	PONT	ALT
<i>Urothoe brevicornis</i> Bate, 1862.	UROT	BRE
<i>Synchelidium maculatum</i> Stebbing, 1906.	SYNC	MAC
<i>Hippomedon denticulatus</i> (Bate, 1857).	HIPO	DEN
<i>Phtisica marina</i> Slabber, 1769.	PHTI	MAR
<i>Diastylis bradyi</i> Norman, 1879.	DIAS	BRA
<i>Iphinoe trispinosa</i> (Goodsir, 1843).	IPHI	TRI
OTROS GRUPOS		
<i>Ascidia aspersa</i> (Muller, 1776).	ASCI	ASP
<i>Cerianthus</i> spp (Delle Chiaje, 1830).	CERI	SPP

BIBLIOGRAFIA

- ALAEIOS, P., 1905. Estudio descriptivo de algunas especies de Polinoios de las costas de Santander. *Mem. R. Soc. Española Hist. Nat.*, III.
- BAKALEM, A., N. Z. BELLLOUL & J. C. ROMANO, 1982. Contribution à l'étude des peuplements benthiques de substrats meubles des petits fonds de la région Est Algéroise. *XXVIII Congrès. Assemblées plénières*, 2 (11) : 1-11.
- BODIN, D., J. BOUCHER, J. GUILLLOU & M. GUILLLOU, 1985. The trophic system of the benthic communities in the bay of Douarnenez (Brittany). *Proc. XIX E.M.B.S.* : 361-370.
- CABIOCH, L., 1961. Étude de la répartition des peuplements benthiques au large de Roscoff. *Cah. Biol. Mar.*, 2 : 1-40.
- CABIOCH, L., 1968. Contribution à la connaissance de peuplements benthiques de la Manche occidentale. *Cah. Biol. Mar.*, 5 (supl.) : 493-720.
- CALVARIO, J., 1984. Étude préliminaire des peuplements benthiques intertidaux. Substrats meubles de l'estuaire du Tage-Portugal, et sa cartographie. *Arq. Mus. Boc.*, (Série A) 2(11) : 187-206.
- CASTILLEJO, F., E. CARDENAS & P. PEREDA, 1979. Contribución al conocimiento del zoobentos de la Bahía de Santander. *Act. I Simposium Ibérico de Estudios del Bentos Marino*, 2 : 657-670.
- CASTILLEJO, F., E. ESTEBAN & A. LAVIN, 1984. Medidas de corrientes en la Bahía de Santander y zona adyacente, por medio de flotadores. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 1(2) : 79-93.
- CENDRERO, A., 1975. Environmental geology of the Santander bay area. *Envir. Geology*, 1 : 97-114.
- DAGET, P., 1976. *Les modèles mathématiques en écologie*. Masson (ed), Paris, 172 pp.
- DAJOZ, R., 1971. *Précis d'écologie*. Ed. Dunod, Paris, 434 pp.
- DAUVIN, J. C., 1986. Biologie, dynamique et production d'une population d'*Abra alba* (WOOD) (Mollusque-Bivalve) de la baie de Morlaix (Manche occidentale). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 97 : 151-180.
- DIAZ DE TERAN, J. M., 1976. Sedimentología y dinámica de las arenas de "El Puntal". *Anal. Inst. Esp. Econ. Cienc.*, 1 : 229-329.
- DYXON, W. J. (Ed.), 1983. *BMDP statistical software*. University of California Press, 734 pp.
- F. A. O., 1966. Guía para la descripción de perfiles de suelos. F. A. O., Roma.
- FIGUERAS, A., 1956. Moluscos de las playas de la Ría de Vigo. I. Ecología y distribución. *Inv. Pesq.* Tomo V : 51-88.

- GIL, A., 1978. *Métodos de análisis multivariante en ecología. Aplicaciones a una comunidad herbacea heterogénea*. Tesis Doctoral Univ. Sevilla, 271 pp.
- GLEMAREC, M., 1973. The benthic communities of the european North Atlantic continental shelf. *Ocean. Mar. Biol. Am. Rev.*, 11 : 263-289.
- HILY, M., 1976. *Écologie benthique des pertuis charentais*. Thèse Université de Bretagne Occidentale, 236 pp.
- HILY, C., 1984. *Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hyper-trophiques de la rade de Brest*. Thèse Université de Bretagne Occidentale, 359 pp.
- JUNOY, J. M., 1988. *Estudio de la macrofauna intermareal de Sustrato blando de la Ría de Foz (Lugo)*. Tesis Doctoral Universidad de Alcalá de Henares, 619.
- LOPEZ COTELO, I., J. M. VIEITEZ & F. DIAZ PINEDA, 1982. Tipos de comunidades bentónicas de la playa del Puntal (Bahía de Santander). *Cah. Biol. Mar.*, 23 : 53-69.
- LOPEZ JAMAR, E., 1978a. Macrobentos infaunal de la Ría de Pontevedra. *Bol. Ins. Esp. Ocean.*, 4 (264) : 111-130.
- 1978b. Primeros datos sobre la biomasa y la composición del bentos infaunal de la Ría de Pontevedra, en relación con el contenido en materia orgánica del sedimento. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 4 (240) : 55-69.
- LOPEZ JAMAR, E., 1985. Distribución espacial del Poliqueto *Spiochaetopterus costarum* en las rías bajas de Galicia y su posible utilización como indicador de contaminación orgánica en el sedimento. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 2(1) : 68-78.
- LOPEZ JAMAR, E. & J. MEJUTO, 1985. Bentos infaunal en la zona submareal de la Ría de La Coruña. I. Estructura y distribución espacial de las comunidades. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 2(3) : 99-109.
- MARGALEF, R., 1958. La sedimentación orgánica y la vida en las fondos fangosos de la Ría de Vigo. *Inv. Pesq.*, 11 : 67-100.
- MARGALEF, R., 1974. *Ecología*. Omega (ed), Barcelona, 951 pp.
- MONTEIRO MARQUES, V., 1984. Definição do volume mínimo em duas comunidades infralitorais da Costa do Algarve (Sul do Portugal) : Areia de *Spisula solida* e areia de *Branchiostoma lanceolatum*. *Actas do IV Simpósio Iberico de Estudos do Benthos Marinho*, 1 : 19-34.
- MORA, J., 1980. *Poblaciones bentónicas de la Ría de Arosa*. Tesis Doctoral Univ. de Santiago, 335 pp.
- MORA, J., N. A. GARCIA & R. ACUNA, 1982. Contribución al conocimiento de las poblaciones de la macrofauna bentónica de la Ría de Pontevedra. *Oecologia aquatica*, 6 : 51-56.
- PARKER, J. G., 1982. Effects of Pollutants upon the benthic ecology of Belfast Lough. *Anal. Proc.* : 429-432.
- PEARSON, T. H., 1970. The benthic ecology of loch Linnhe and loch Eil, a sea-loch system on the west coast of Scotland. I. The physical environment and distribution of the macrobenthic fauna. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 5 : 1-34.
- PÉRES, J. M. & J. PICARD, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. Endoume*, 31 (47) : 3-137.
- PLANAS, M., 1986. *Dinámica de las poblaciones de la macrofauna bentónica de la ensenada de Lourizán (Ría de Pontevedra)*. Tesis Doctoral Univ. de Santiago, 523 pp.
- PRONIEWSKI, F. & B. ELKAIM. Benthos subtidal de l'estuaire de la Seine. Résultats préliminaires. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 291 : 545-547.
- RETIERE, C., 1979. *Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du golfe Normanno-Breton*. Thèse Doctoral Univ. Rennes, 431 pp.
- RIOJA, E., 1917. Notas sobre algunos Anélidos interesantes de la Bahía de Santander. *Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 17.
- RIOJA, E., 1918. Datos para el conocimiento de la fauna de Anélidos Poliquetos del Cantábrico. *Trab. Mus. Nac. Cienc. Nat. (Zool.)*, 48 : 1-144.
- RODRIGUEZ, O. & R. FERNANDEZ CREHUET, 1948. Apuntes para el estudio bionómico de la Bahía de Santander. *Bol. Inst. Esp. Ocean.*, 1 : 1-41.
- REES, E. I. S. & J. M. WALKER, 1983. Annual and spatial variation in the *Abra* community in Liverpool bay. *Oceanologica acta, sp. Proceedings 17th EMBS*, 165-169.
- SNEATH, P. H. A. & R. R. SOKAL, 1973. *Numerical taxonomy*. W. H. Freeman : San Francisco, 573 pp.
- SOKAL, R. R. & J. ROHLF, 1969. *Biometry*. Blume (Ed), Madrid, 832 pp.
- THORSON, G., 1957. Bottom communities (sublittoral or shallow shelf). *Mem. Geol. Soc. Am.*, 67(1) : 461-534.
- WARWICK, R. M. & C. L. GEORGE, 1980. *Annual macrofauna production in an Abra community*. In : M.B. Collins et al. (eds.), *Industrialised Embayment and their environmental problems*. Pergamon Press Oxford and New York.