

MACROFAUNA ASOCIADA AL ALGA *STYPOCAULON SCOPARIUM* EN EL ESTRECHO DE GIBRALTAR Y COMPARACIÓN CON EL RESTO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

José M. Guerra-García / Laboratorio de Biología Marina, Universidad de Sevilla

José Antonio Sánchez / Laboratorio de Biología Marina, Universidad de Sevilla

Macarena Ros / Laboratorio de Biología Marina, Universidad de Sevilla

Elena Baeza-Rojano / Laboratorio de Biología Marina, Universidad de Sevilla

M. Pilar Cabezas / Laboratorio de Biología Marina, Universidad de Sevilla

David Izquierdo / Laboratorio de Biología Marina, Universidad de Sevilla

Juan Corzo / EGMASA, Laboratorio de Vigilancia y Control de la Contaminación.

RESUMEN

Se estudió la macrofauna asociada al alga *Styopcaulon scoparium* en el estrecho de Gibraltar y el resto de la península Ibérica. Se seleccionaron un total de 14 estaciones, 3 de ellas localizadas en el Estrecho y las 11 restantes distribuidas en las costas cantábricas, atlánticas y mediterráneas de la península Ibérica. En cada estación se midieron parámetros fisicoquímicos (temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, pH y turbidez), se estimó la cobertura del alga y se recolectaron muestras de la misma en el submareal somero (1-3 m de profundidad) mediante buceo en apnea. Se separaron e identificaron un total de 48.430 individuos pertenecientes a 16 grupos distintos de artrópodos, moluscos, anélidos y equinodermos. Atendiendo a los parámetros fisicoquímicos, los análisis de clasificación mostraron una mayor similitud del área del Estrecho con las estaciones atlánticas. La costa mediterránea se caracterizó por una mayor temperatura y conductividad, mientras que la atlántica mostró valores más altos de oxígeno disuelto y turbidez, consecuencia un mayor oleaje. La cobertura del alga *S. scoparium* fue significativamente mayor en el Estrecho de Gibraltar que en las estaciones restantes y se registró una mayor diversidad de invertebrados asociados a este alga en el Estrecho que en otras zonas de la Península. Los crustáceos anfípodos fueron los más abundantes, seguidos de poliquetos y moluscos gasterópodos. El Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) mostró que anfípodos, isópodos, quironómidos y crinoideos correlacionaron principalmente con la cobertura del alga, mientras que la abundancia de gasterópodos estuvo condicionada por la turbidez y la de los grupos restantes por la conductividad y temperatura principalmente. El estrecho de

Gibraltar se muestra como una zona muy diversa, de transición entre la fauna atlántica y mediterránea: tanaidáceos, decápodos, picnogónidos, equinoideos y bivalvos fueron significativamente más abundantes en la costa mediterránea que en las atlántica, mientras que gasterópodos e isópodos dominaron en esta última.

Palabras clave: *Stypocaulon scoparium*, macrofauna asociada, crustáceos, moluscos, poliquetos.

INTRODUCCIÓN

Los estudios de macrofauna asociada a algas del estrecho de Gibraltar son escasos, probablemente debido a que la separación e identificación de las muestras es compleja y requiere una gran dedicación. Destacan los trabajos realizados por Sánchez-Moyano (1996), Sánchez-Moyano y García-Gómez (1998) y Sánchez-Moyano *et al.* (2000a, 2000b, 2001, 2002, 2007) sobre las comunidades animales asociadas a *Caulerpa prolifera* (Forsskal) Lamouroux y *Stypocaulon scoparium* (L.) Kützing. Guerra-García *et al.* (2009) llevaron a cabo un estudio sobre la diversidad y la biogeografía de los crustáceos peracáridos asociados a *Corallina elongata* J. Ellis y Solander en el Estrecho. Este tipo de trabajos centrados en la descripción de la fauna epífita son necesarios para caracterizar la diversidad total del ecosistema marino, así como para comprender patrones de distribución y abundancia de los organismos del mismo. Por otra parte, las comunidades de invertebrados asociados a algas, reflejan las características ambientales de la zona y pueden ser utilizadas como bioindicadoras de la calidad de las aguas (Guerra-García y García-Gómez, 2001).

Stypocaulon scoparium es una alga anfiatlántica de amplia distribución desde las costas de Noruega hasta Nigeria. También se ha encontrado en el mar Rojo, mar Caspio y en el noroeste del Pacífico (Sánchez-Moyano, 1996). En el estrecho de Gibraltar constituye una de las especies algales más abundante durante todo el año. Se localiza en los primeros metros del submareal y en ocasiones también se extiende a lo largo del intermareal, sobre todo en pozas. Se trata de un alga que forma penachos compactos de color pardo de 10 a 15 cm de altura, constituidos por filamentos ramificados que se fijan al sustrato por medio de unos rizoides que surgen de los ejes formando una especie de disco esponjoso. Es una especie perenne, aunque la morfología y tamaño del talo varían a lo largo del año.

Por sus características físicas así como por su gran versatilidad ambiental es un alga propicia para el desarrollo de una abundante comunidad epífita. En nuestras costas se han realizado varios estudios ecológicos y taxonómicos sobre algunos grupos faunísticos asociados a esta alga, como moluscos (e.g. Borja, 1988), poliquetos (López y Gallego, 2006), isópodos (Castelló, 1986), anfípodos (Jimeno y Turón, 1995; Sánchez-Moyano *et al.*, 1995) o tanaidáceos (Sanz *et al.*, 1994). El único estudio que trata sobre la comunidad completa de artrópodos, anélidos, moluscos y equinodermos se recoge en Sánchez-Moyano (1996) y se basa exclusivamente en un estudio espacio-temporal en la bahía de Algeciras.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar la distribución y abundancia de los grupos principales de fauna asociados al alga *S. scoparium* en el Estrecho y comparar los patrones de variación atlántico-mediterránea en toda la Península Ibérica. Este estudio supone la primera aproximación de carácter global en la Península al conocimiento de los patrones biogeográficos de los principales grupos de fauna asociada. Los estudios previos llevados a cabo por otros autores han analizado de forma específica la comunidad en localidades concretas y no de forma global en todas las costas ibéricas de España y Portugal.

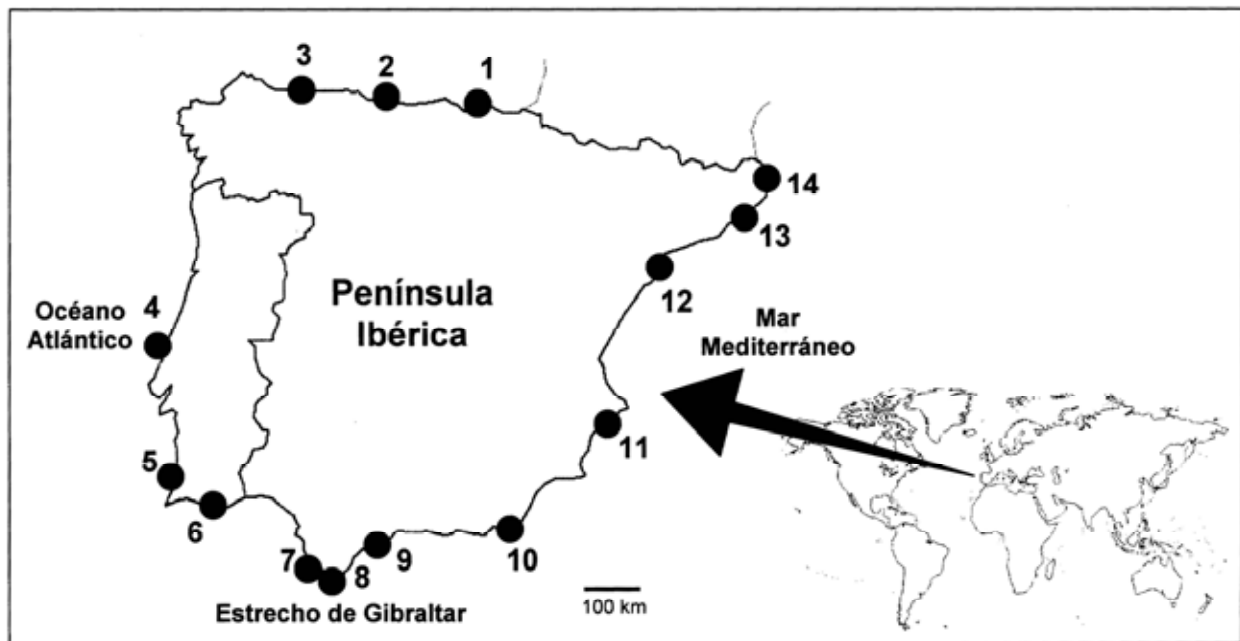


Figura 1.- Localización de las estaciones muestreadas en la Península Ibérica. Ogella (1), Oyambre (2), Cetarea (3), Playa Azul (4), Vale dos Homens (5), Castelo (6), Bolonia (7), Isla de Tarifa (8), Torreguadiaro (9), Cabo de Gata (10), Cala del tío Ximo (11), Torrent del Pi (12), Cala de Sant Francesc (13), L'Estartit (14).

MATERIAL Y MÉTODOS

Muestreo y procesamiento de las muestras

Se seleccionaron 14 estaciones repartidas por todo el litoral de la Península Ibérica (fig. 1). Se buscaron, en la medida de lo posible, enclaves bien conservados y poco contaminados, para eliminar el factor antrópico y obtener datos de abundancia y distribución naturales. Tres de las estaciones se localizaron en la zona del Estrecho de Gibraltar, incluyendo Bolonia (7), Isla de Tarifa (8) y Torreguadiaro (9).

El muestro se llevó a cabo durante el verano de 2008 (desde el 5 de julio hasta el 5 de agosto). En cada estación se midió el pH y la conductividad con una sonda CRISON MM40, la temperatura y la concentración de oxígeno con una sonda OXI 45 P, y la turbidez con un turbidímetro portátil WTW 355 IR. Se realizaron un total de 3 medidas y se calculó la media y la desviación típica para cada punto de muestreo. Para evitar los problemas causados por la elección de una mezcla de diversas algas por raspado de cuadrículas, el muestreo se centró en un alga con hábitat bien definido (Thiel, 2002), en este caso *S. scoparium*, y en cada estación se recolectó el alga en distintas zonas del submareal somero (1-3 m de profundidad) hasta completar un volumen aproximado de 200 ml (véase Thiel *et al.*, 2003, Guerra-García *et al.*, 2009). Las muestras se fijaron en etanol al 70%. Para estimar la cobertura del alga se utilizó una cuadrícula de 50 x 50 cm (0.25 m²), subdividida en 25 subcuadrículas, obteniéndose los valores en porcentaje por presencia/ausencia de *S.*

scoparium en cada subcuadrícula. Se midió la cobertura en 5 cuadrículas por estación y se calculó la media y la desviación típica.

En el laboratorio, las muestras se tamizaron con luz de malla de 0.5 mm, y toda la fauna fue separada del alga e identificada a nivel de grandes grupos: Crustáceos (anfípodos, isópodos, tanaidáceos, decápodos y cumáceos), Picnogónidos, Quironómidos, Equinodermos (ofiuroideos, equinoideos, asteroides y crinoideos), Moluscos (gasterópodos, bivalvos y poliplacóforos) y Anélidos (poliquetos y oligoquetos). El volumen exacto de cada muestra se estimó por el desplazamiento de agua al introducir el alga en una probeta (Pereira *et al.*, 2006). Una vez medido el volumen, se obtuvo el peso seco de las muestras (tras 24 horas a 70°C en una estufa). La densidad de animales se expresó como número de individuos por 1000 ml de alga (véase Guerra-García *et al.*, 2009).

Análisis estadísticos

Para cada estación se calculó la media y el error estándar del número de grupos representados, de su abundancia, y de la cobertura de *S. scoparium*. Se elaboraron mapas de distribución de todos los grupos representados y se midieron las correlaciones entre las abundancias de los grupos y los parámetros físico-químicos. Así mismo, se llevaron a cabo análisis multivariantes de ordenación y clasificación. Con la matriz de datos físico-químicos se elaboró un cluster empleándose el algoritmo de agrupación UPGMA y la distancia euclídea. Para la comparación entre la ordenación de las estaciones a partir de la matriz ambiental y la de macrofauna asociada, se utilizó el Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) y para verificar la significación estadística del análisis se aplicó el test de Monte Carlo. Para los análisis se utilizaron los programas PRIMER (Clarke y Gorley, 2001) y PC-ORD (McCune y Mefford, 1997).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La costa mediterránea se caracterizó por una mayor temperatura y conductividad, mientras que la atlántica mostró valores más altos de oxígeno disuelto y turbidez, debidos probablemente al mayor movimiento de las aguas causado por un mayor oleaje en el Atlántico (fig. 2). El análisis de cluster basado en la matriz de parámetros físico-químicos mostró dos grupos bien diferenciados: uno constituido por las estaciones puramente mediterráneas (10-14) y otro integrado por las estaciones atlánticas y las estaciones del Estrecho de Gibraltar (1-9). Por tanto, desde el punto de vista ambiental, el Estrecho mostró mayor similaridad con el Atlántico que con el Mediterráneo. Sin embargo, la cobertura de *S. scoparium* fue significativamente mayor en las estaciones del Estrecho (6-9) que en las estaciones restantes (fig. 3). Por ello, otros factores distintos a la temperatura, oxígeno, conductividad, pH y turbidez deben estar contribuyendo a incrementar la cobertura del alga en el Estrecho, donde oscila entre el 20 y el 50% (fig. 3). Posiblemente sea la dinámica de corrientes en el cono sur ibérico la que esté directamente relacionada con esta mayor cobertura. Por otra parte, los datos de biovolumen de *S. scoparium* correlacionaron con los datos de biomasa con un alto nivel de significación ($r=0.95$, $p<0.01$, $n=14$).

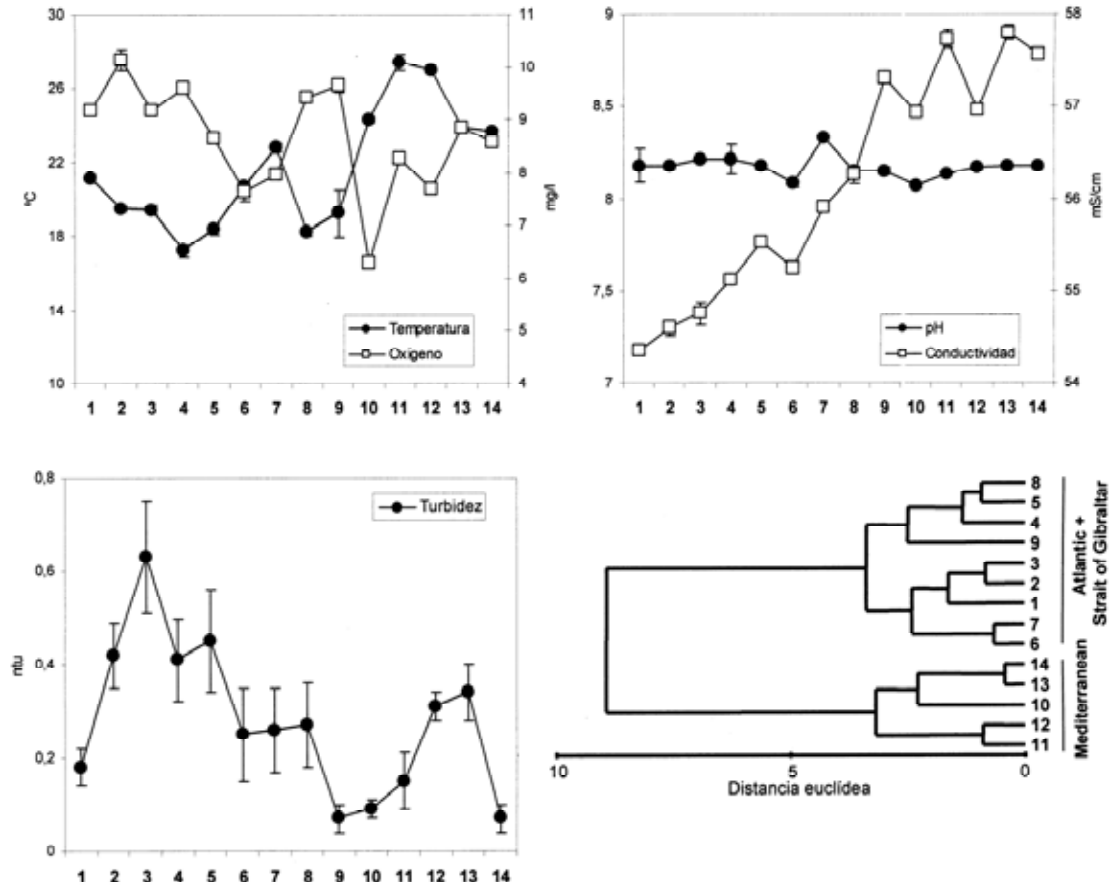


Figura 2.- Variables ambientales medidas en cada estación (Media \pm SD) y dendrograma resultante del análisis de clasificación obtenido a partir de la matriz ambiental.

En cuanto a la fauna, se separaron e identificaron un total de 48.430 individuos pertenecientes a 16 grupos distintos de artrópodos, moluscos, anélidos y equinodermos. El mayor número de grupos estuvo representado en el Estrecho (estaciones 6-9) (fig. 3) y en el Mediterráneo septentrional (13 y 14). Las abundancias oscilaron en torno a los 10.000-20.000 individuos/1.000 ml de agua en todas las estaciones, salvo en la estación 5 donde la abundancia se aproximó a 112.000 (fig. 3) debido a un pico en el número de moluscos gasterópodos. En la mayoría de las estaciones dominaron los artrópodos, seguidos de moluscos y anélidos. Entre los artrópodos, los crustáceos anfípodos fueron los más abundantes y los gasterópodos fueron los moluscos más representados (figs. 4 y 5). Los anfípodos registraron valores de abundancia del mismo orden a los obtenidos para *Corallina elongata* en el estrecho de Gibraltar (véase Guerra-García *et al.*, 2009) lo que refleja que se trata de dos de las especies de macroalgas que albergan mayor diversidad y abundancia de organismos epífitos en nuestras costas. El estrecho de Gibraltar se muestra como una zona muy diversa, de

transición entre la fauna atlántica y mediterránea. En relación con los crustáceos, los tanaidáceos, decápodos y cumáceos fueron más abundantes en el Mediterráneo que en el Atlántico, mientras que anfípodos e isópodos registraron las mayores abundancias en estaciones atlánticas y del estrecho de Gibraltar (figs. 4 y 5). Los picnogónidos también fueron más numerosos en las estaciones mediterráneas, mientras que los quironómidos sólo se registraron en las estaciones del Estrecho. Entre los equinodermos, los ofiuroides fueron el grupo dominante, si bien los equinoideos, ausentes en el Atlántico, se empezaron a registrar en el estrecho de Gibraltar y se distribuyeron por todo el Mediterráneo (fig. 5). La presencia de asteroideos y crinoideos fue ocasional. Los gasterópodos fueron los moluscos más abundantes, sobre todo en las estaciones atlánticas, ya que en las mediterráneas fueron sustituidos por los bivalvos. Los anélidos no mostraron un patrón de distribución diferencial claro a lo largo del eje atlántico-mediterráneo, si bien, los oligoquetos fueron ligeramente menos abundantes en las estaciones mediterráneas.

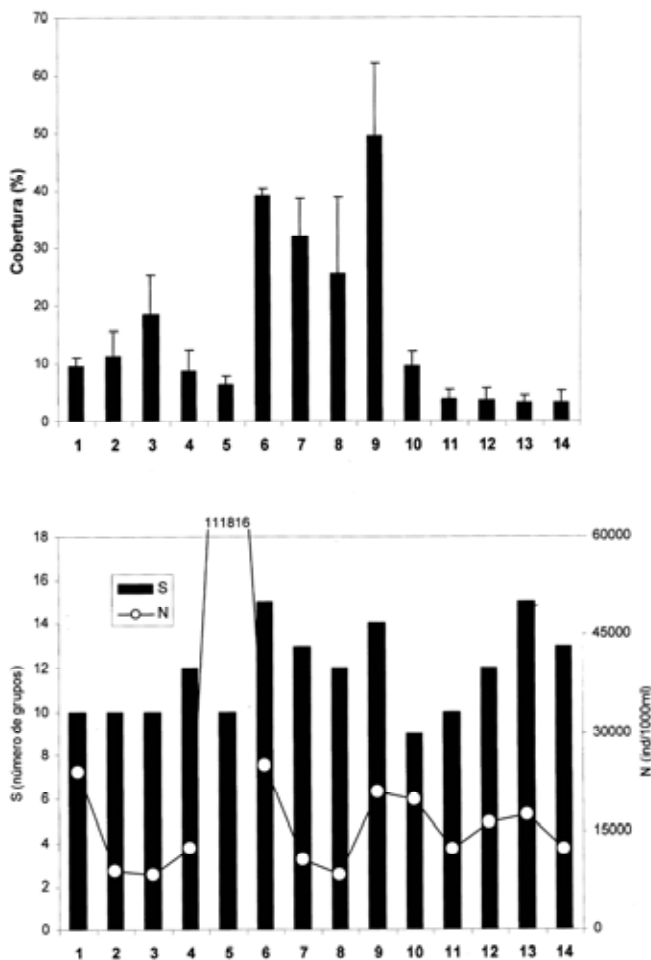


Figura 3.- Valores de cobertura de *S. Scoparium* (Media \pm SD). Número de grupos representados (S) y su abundancia (ind/1000 ml de alga) en las 14 estaciones muestreadas.

Cuando se llevaron a cabo correlaciones simples entre las abundancias de los grupos y las variables ambientales, se registraron valores significativos entre la conductividad y la abundancia de bivalvos ($r=0.62$, $p<0.05$) y picnogónidos ($r=0.56$, $p<0.05$), y entre la turbidez y la abundancia de decápodos ($r=-0.62$, $p<0.05$). La existencia de correlación entre la matriz ambiental y la de abundancia y distribución de los distintos grupos, se corroboró con el Análisis Canónico de Correspondencias (CCA) (fig. 6), que mostró además que anfípodos, isópodos, quironómidos y crinoideos correlacionaron principalmente con la cobertura del alga, mientras que la abundancia de gasterópodos estuvo condicionada por la turbidez y la de los grupos restantes por la conductividad y temperatura principalmente. En varios estudios se ha demostrado la correlación positiva entre la capacidad retentiva de sedimento de un sustrato determinado y la densidad de poblaciones de ciertas especies, especialmente detritívoros (Boronat *et al.*, 1985). El primer eje del análisis CCA absorbió el 47.8% de la varianza y el segundo eje el 10.5 % (Fig. 6) y la correlación global entre las especies y la matriz ambiental fue de $r=0.89$, $p<0.001$. El primer eje correlacionó negativamente con la temperatura ($r=-0.74$, $p<0.01$) y positivamente con la turbidez ($r=0.71$, $p<0.01$), mientras que el segundo correlacionó

positivamente con la conductividad ($r=0.72$, $p<0.01$) y negativamente con la cobertura del alga ($r=-0.51$, $p<0.05$). Parece, por tanto, que además de las variables ambientales que determinan la diferente fauna entre el Mediterráneo y el Atlántico, la cobertura de *S. scoparium* también condiciona significativamente la abundancia y distribución de algunos grupos, como los anfípodos, que constituyen el taxón dominante en el presente estudio. Así, Sánchez-Moyano (1996), Sánchez-Moyano y García-Gómez (1998) y Sánchez-Moyano *et al.* (2002) encontraron que las características morfológicas del alga fueron las que determinaron principalmente la composición de la fauna entre distintas estaciones de la bahía de Algeciras.

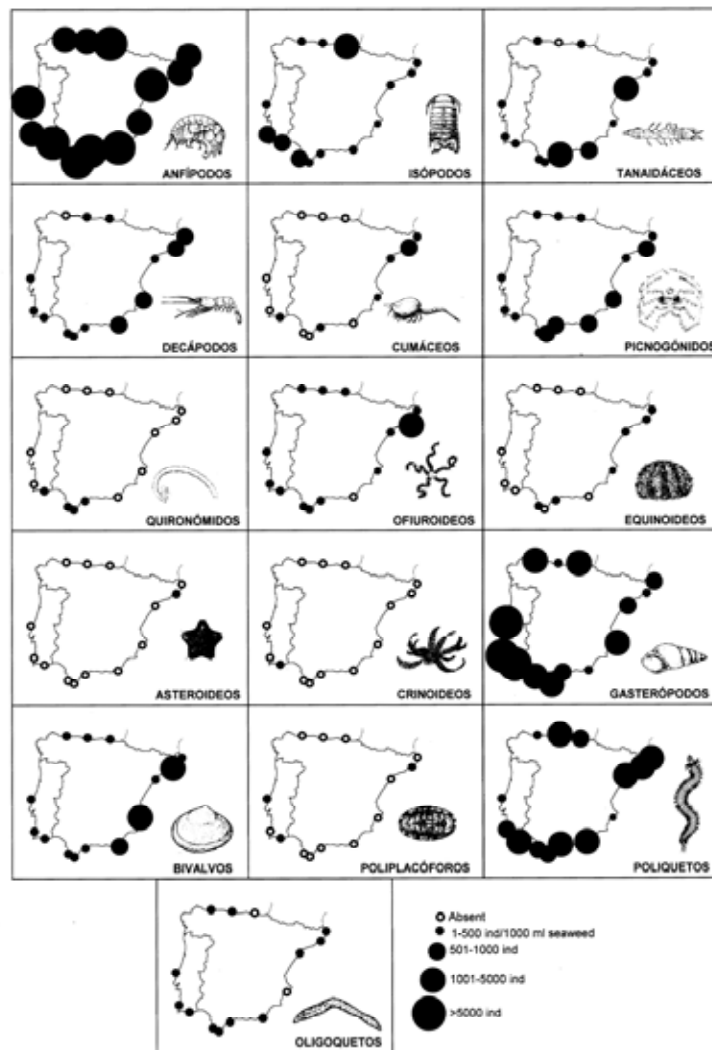


Figura 4.- Patrones de distribución y abundancia de los distintos grupos de fauna asociada a *S. scoparium*.

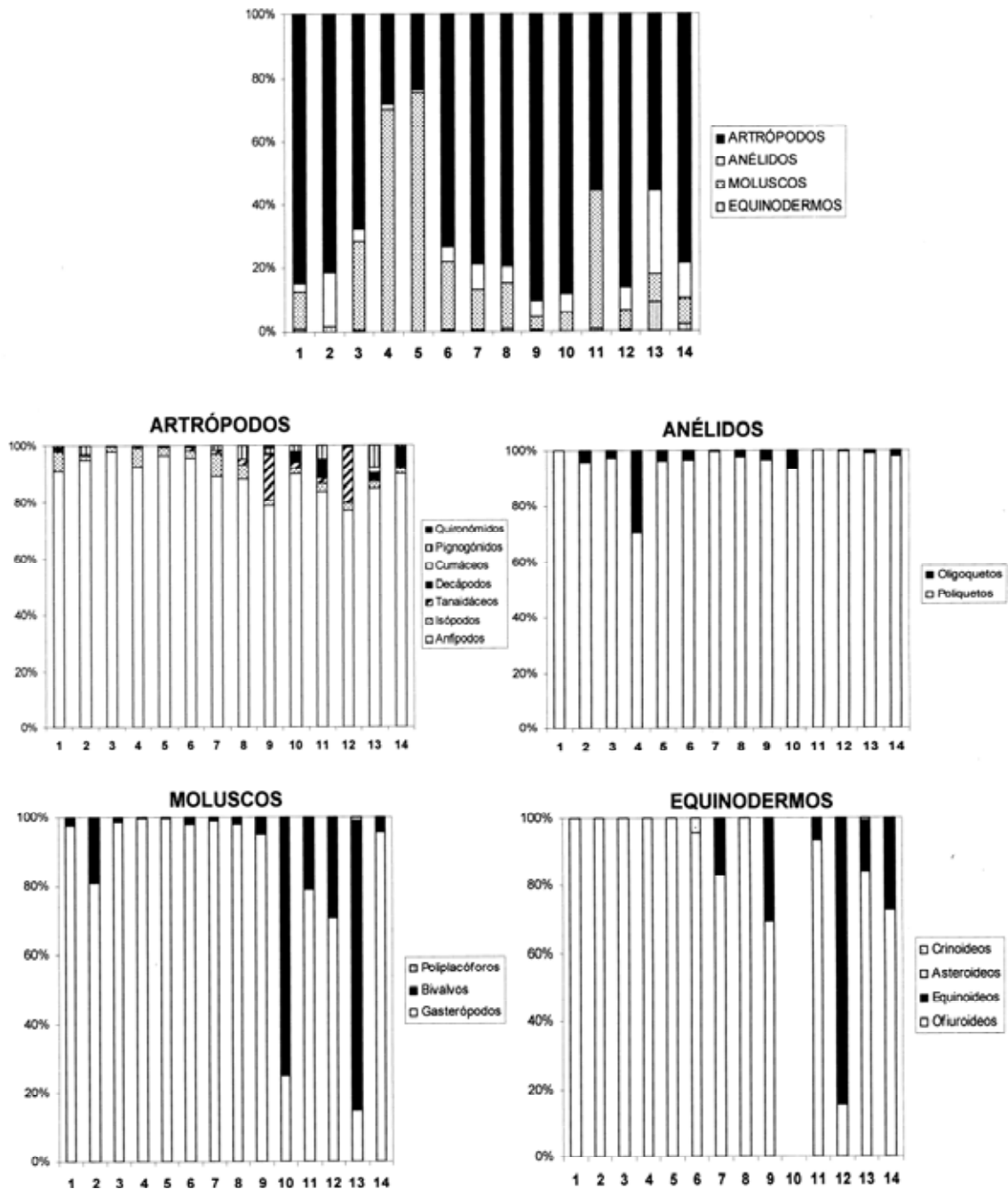


Figura 5.- Abundancia relativa de los principales grupos de artrópodos, anélidos, moluscos y equinodermos asociados a *S. scoparium*.

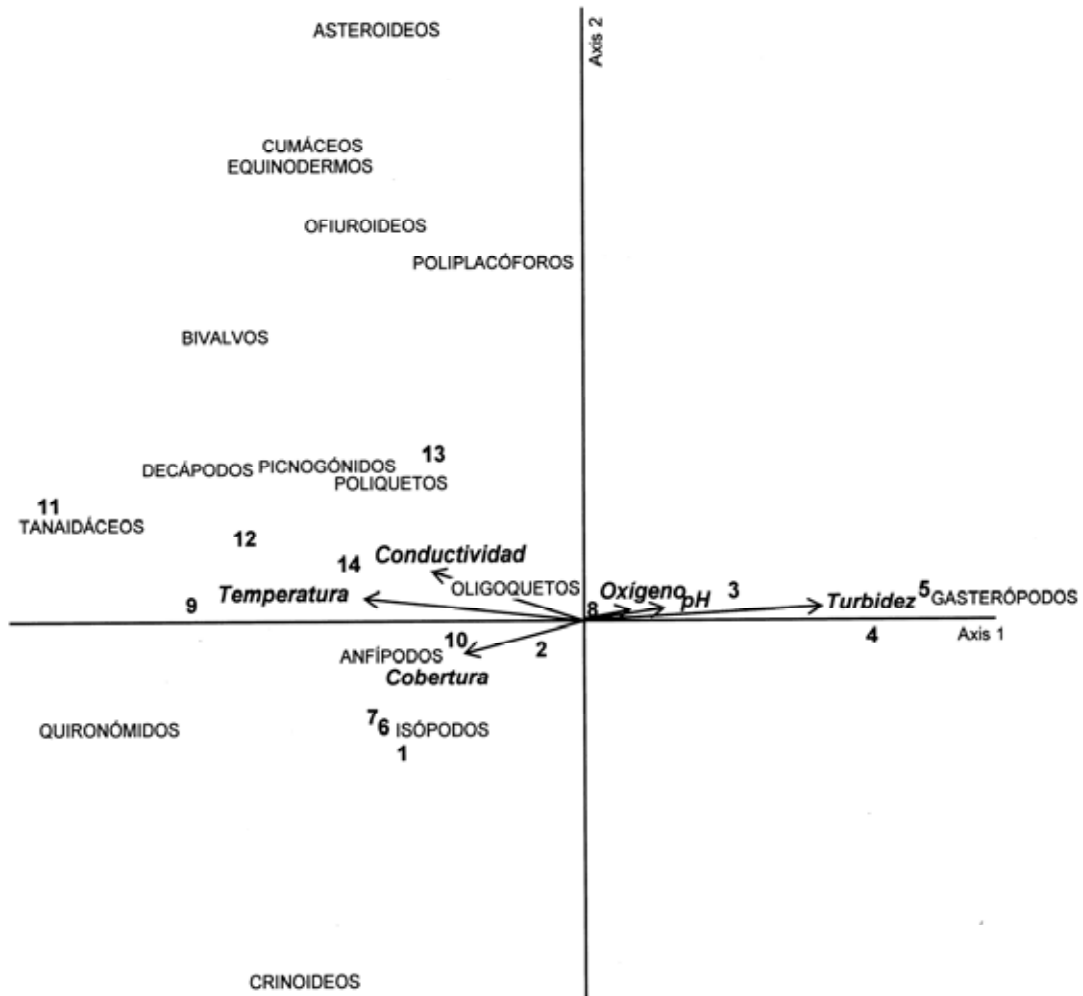


Figura 6.- Análisis Canónico de Correspondencias elaborado a partir de la matriz de abundancia de los principales grupos y la matriz ambiental que incluyó también los valores de cobertura de *S. scoparium*. Los números indican las estaciones.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio forma parte del proyecto CGL2007-60044/BOS, financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia y cofinanciado con fondos FEDER y del proyecto de excelencia P07-RNM-02524, financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía.

BIBLIOGRAFÍA

- BORJA, A. 1988. Biología y ecología de tres especies de moluscos gasterópodos intermareales: *Rissoa parva*, *Barleeia unifasciata* y *Bittium reticulatum*. III. Producción. *Cahiers de Biologie Marine* 28: 351-360.
- BORONAT, J., J. D. Acuña y M. Fresneda. 1985. Ensayo de caracterización malacológica de tres unidades bionómicas en las costas de Javea (Alicante). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 2: 73-84.
- CASTELLÓ, J. 1986. Contribución al conocimiento biológico de los crustáceos del litoral catalan-balear. Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 566 pp.
- CLARKE, K.R. y R.N. Gorley. 2001. Primer (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) v5: User Manual /Tutorial. PRIMER-E Ltd., Plymouth, 91 pp.
- GUERRA-GARCÍA, J. M. y J. C. García-Gómez. 2001. The spatial distribution of Caprellidea (Crustacea: Amphipoda): a stress bioindicator in Ceuta (North Africa, Gibraltar area). *PSZN Marine Ecology* 22: 357-367.
- GUERRA-GARCÍA, J.M., M. P. Cabezas, E. Baeza-Rojano, F. Espinosa y J.C. García-Gómez. 2009. Is the north side of the Strait of Gibraltar more diverse than the south side? A case study using the intertidal peracarids (Crustacea: Malacostraca) associated to the seaweed *Corallina elongata*. *Journal of the Marine Biological Association of UK* 89: 387-397.
- JIMENO, A. y X. Turón. 1995. Gammaridea and caprellidea of the northeast coast of Spain: ecological distribution on different types of substrata. *Polskie Archiwum Hydrobiologii* 42: 495-516.
- LÓPEZ, E. y R. Gallego. 2006. Temporal variation of a syllid (Syllidae: Polychaeta) taxocenosis associated with *Stypocaulon scoparium* (Stypocaulaceae: Phaeophyceae) in the western Mediterranean. *Journal of the Marine Biological Association of UK* 86: 51-59.
- McCUNE, B. & M.J. Mefford, 1997. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. MJM Software Design, Gleneden Beach, 77 pp.
- PEREIRA, S.G., F. P. Lima, N.C. Queiroz., P.A. Ribeiro y A. M. Santos. 2006. Biogeographic patterns of intertidal macroinvertebrates and their association with macroalgae distribution along the Portuguese coast. *Hydrobiologia* 555: 185-192.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E. 1996. Variación espacio-temporal en la composición de las comunidades animales asociadas a macroalgas como respuestas a cambios en el medio. Implicaciones en la caracterización ambiental de las áreas costeras. Tesis Doctoral, Universidad de Sevilla, 407 pp.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., J. L. Carballo y F. J. Estacio. 1995. *Pedoculina garciagomezi* (Amphipoda, Caprellidea), a new species from Bahía de Algeciras (southern Spain). *Crustaceana* 68: 418-427.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E. y J.C. García-Gómez. 1998. The arthropod community, especially crustacean, as a bioindicator in Algeciras Bay (Southern Spain) based on a spatial distribution. *Journal of Coastal Research* 14: 1119-1133.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., F. J. Estacio, E.M. García-Adiego y J.C. García-Gómez. 2000a. The molluscan epifauna of the alga *Halopteris scoparia* in southern Spain as a bioindicator of coastal environmental conditions. *Journal of Molluscan Studies* 66: 431-448.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., E.M. García-Adiego, F. J. Estacio y J.C. García-Gómez. 2000b. Effects of environmental factors on the spatial distribution of the epifauna of the alga *Halopteris scoparia* in Algeciras Bay, Southern Spain. *Aquatic Ecology* 34: 355-367.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., F. J. Estacio, E.M. García-Adiego y J.C. García-Gómez. 2001. Effect of the vegetative cycle of *Caulerpa prolifera* on the spatio-temporal variation of invertebrate macrofauna. *Aquatic Botany* 1453: 1-12
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., E.M. García-Adiego, F. J. Estacio y J.C. García-Gómez. 2002. Effect of environmental factors on the spatial variation of the epifaunal polychaetes of the alga *Halopteris scoparia* in Algeciras Bay (Strait of Gibraltar). *Hydrobiologia* 470: 133-148.
- SÁNCHEZ-MOYANO, J. E., I. M. García-Asencio y J.C. García-Gómez. 2007. Effects of temporal variation of the seaweed *Caulerpa prolifera* cover on the associated crustacean community. *Marine Ecology* 28: 324-337.
- SANZ, C., F. J. Estacio, J. E. Sánchez-Moyano y J.L. Carballo. 1994. Tanaidáceos de la Bahía de Algeciras (Mediterráneo occidental). Actas del VIII Simposio Ibérico de estudios del Bentos Marino. Blanes (Girona): 356-357.
- THIEL, M. 2002. The zoogeography of algae-associated peracarids along the Pacific coast of Chile. *Journal of Biogeography* 29: 999-1008.
- THIEL, M., J. M. Guerra-García, D. A. Lancellotti y N. Vásquez. 2003. The distribution of littoral caprellids (Crustacea: Amphipoda: Caprellidea) along the Pacific coast of continental Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 297-312.