

Patrones de variación espacial de las comunidades intermareales de la Isla de Tarifa (Cádiz)

José M. GUERRA-GARCÍA, Isabel PACIOS, Elena BAEZA-ROJANO, M. Pilar CABEZAS, Macarena ROS, J. Carlos GARCÍA-GÓMEZ

Palabras clave

Isla de Tarifa; Macroalgas; Macrofauna; Intermareal.

Keywords

Tarifa Island; Macroalgae, Macrofauna; Intertidal.

Correspondencia

Laboratorio de Biología Marina, Departamento de Fisiología y Zoología, Facultad de Biología, Universidad de Sevilla, Avda Reina Mercedes 6, 41012 Sevilla (España). (jmguerra@us.es)

Resumen

El ecosistema mediolitoral se encuentra muy deteriorado en la mayor parte de la costa andaluza debido a la facilidad de acceso y la consiguiente presión humana. Sin embargo, la Isla de Tarifa refleja un estado de excelente conservación, en gran medida consecuencia de las restricciones de acceso y de su localización biogeográfica. Se seleccionaron un total de cinco estaciones distribuidas a lo largo de todo el perímetro de la Isla y se estudió la distribución vertical de las principales especies de macroalgas y de fauna sésil utilizándose cuadrículas de 50x50cm subdivididas en 25 subcuadrículas. Los valores de temperatura, salinidad, pH y concentración de oxígeno fueron similares en todas las estaciones. La mayor diversidad se registró en los cinturones intermedios. Las especies de algas dominantes en todas las estaciones muestreadas fueron *Asparagopsis armata* y *Corallina elongata* que ocuparon los niveles más bajos, próximos al submareal, y el césped de *Caulacanthus ustulatus* y *Gelidium spp* que se extendió en los cinturones intermedios. En cuanto a la fauna sésil, estuvo dominada por el crustáceo cirrípedo *Chatamalus stellatus* y el molusco *Littorina neritoides* que ocuparon los niveles más altos. Las lapas *Patella caerulea* y *P. rustica* también fueron abundantes en la franja intermareal; la primera se distribuyó en la zona intermedia mientras que la segunda estuvo restringida a los niveles superiores. Las algas *Codium adherens* y *Colpomenia sinuosa* mostraron preferencia por las estaciones con mayor influencia del sedimento; *Ulva rigida*, *Valonia utricularis* y *Osmundea pinnatifida* predominaron en las estaciones expuestas a vientos de levante, mientras que *Chaetomorpha linum* se encontró en los cinturones expuestos al poniente. En cuanto a la fauna, el percebe *Pollicipes pollicipes* restringió su presencia a las estaciones de mayor grado de exposición, el pulmonado *Siphonaria pectinata* se registró en las estaciones más embolsadas y el cirrípedo *C. stellatus* mostró una clara preferencia por zonas expuestas a vientos de poniente. En el intermareal de la Isla de Tarifa se distribuyen las especies amenazadas *Astroides calycularis*, *Dendropoma petraeum*, *Patella ferruginea* y *Cymbula nigra*, lo que debe incrementar su valor en las estrategias de conservación.

Abstract

The intertidal ecosystems are seriously damaged in most of the Andalusian coast, mainly due to accessibility and human effect. However, Tarifa Island, is still in an excellent state of conservation, due to the ac-

cess restrictions and unique biogeographical position. Five stations were selected along the island and vertical distribution of the main species of macroalgae and sessile fauna were studied using quadrats of 50x50cm (subdivided in 25 square units). Temperature, salinity, pH and oxygen concentration were similar in all the stations. The highest diversity was measured in the intermediate belts. The dominant species of algae were Asparagopsis armata and Corallina elongata, distributed in the lowest levels close to the subtidal, and the turf of Caulacanthus ustulatus and Gelidium spp, which occupied the intermediate levels. Regarding with the fauna, the crustacean Chtamalus stellatus and the mollusc Littorina neritoides dominated the highest levels. The limpets Patella caerulea and P. rustica were also abundant, the former distributed in the intermediate zone and the latter restricted to the upper belts. The algae Codium adhaerens and Colpomenia sinuosa preferred stations with sediment influence, Ulva rigida, Valonia utricularis and Osmundea pinnatifida were dominant in the stations exposed to east winds, whereas Chaetomorpha linum was found in sites exposed to west winds. In connection with the fauna, the barnacle Pollicipes pollicipes was only present in the most exposed stations, Siphonaria pectinata was registered in the less exposed sites and C. stellatus dominated the stations exposed to west winds. The endangered species Astroides calycularis, Dendropoma petraeum, Patella ferruginea and Cymbula nigra are also present along Tarifa intertidal, which should increase the value of the site in conservation policies.

Introducción

Las comunidades intermareales están localizadas en la interfase agua-tierra y desempeñan un papel fundamental en el balance ecológico. Se trata de sistemas abiertos y su susceptibilidad tanto a perturbaciones terrestres como marinas los convierte en hábitats especialmente vulnerables. El Estrecho de Gibraltar es una de las zonas de mayor tránsito marítimo a nivel mundial (Ruiz-Tabares *et al.*, 2003), constituyendo su franja litoral, y más específicamente la mediolitoral o intermareal, zona de alto riesgo ante posibles accidentes marítimos, de catástrofe ecológica o de vertidos, lo que frecuentemente se advierte a lo largo de sus costas. La caracterización de la zona mediolitoral es necesaria para dimensionar el alcance de posibles impactos y establecer un plan de riesgos y prevención ambiental según el valor ecológico de los diferentes tramos en función de su riqueza biológica y, por tanto, de su vulnerabilidad ambiental.

Si bien en zonas típicamente atlánticas como Galicia o Asturias la anchura del intermareal alcan-

za los 4 m, en el Mediterráneo, dado su pequeño tamaño y grado de embolsamiento, las mareas no son importantes y en localidades como Málaga y Marbella el intervalo es de sólo 1.2 m (Conde & Seoane, 1983). La reducción en la franja intermareal supone, por consiguiente, una reducción en la superficie colonizable por los organismos desde el Atlántico hacia el Mediterráneo. Así, por ejemplo, estudios del intermareal rocoso en Asturias y País Vasco ofrecen como resultado en torno a 9 cinturones identificables mientras que este número se ve reducido a 5 en las costas S y SE de la Península Ibérica.

La fragilidad de la zona rocosa mediolitoral y la naturaleza de los impactos ambientales antropogénicos que sufre ha sido revisada por Crowe *et al.* (2000). Estos autores indican que las poblaciones y comunidades mediolitorales exhiben una considerable variabilidad espacial y temporal bajo la influencia de numerosos factores físicos y biológicos. Aunque factores únicos o predominantes pueden provocar cambios muy severos en las comunidades rocosas mediolitorales, como las variaciones

extremas de temperatura o la presencia de mareas rojas, los grandes impactos que se producen proceden de las mareas negras, sobre las cuales se han llevado a cabo numerosos estudios. El alto riesgo de accidente marítimo existente en el Estrecho de Gibraltar insta a conocer el valor ecológico y, por tanto, la vulnerabilidad ambiental de sus tramos rocosos litorales.

El ecosistema mediolitoral se encuentra muy deteriorado en la mayor parte de la costa andaluza debido a la facilidad de acceso y la consiguiente presión humana (excursionismo, marisqueo incontrolado, etc.). Sin embargo, la Isla de Tarifa refleja un estado de excelente conservación, en gran medida consecuencia de las restricciones de acceso. La Isla de Tarifa constituye el punto más meridional de Europa; actualmente es una península por medio de un istmo artificial que la une a tierra firme. Tiene una superficie de 21 hectáreas y presenta 2 kilómetros de costa. El sustrato está constituido por margas y areniscas de flysh. Varias son las características que hacen de la isla un enclave especialmente interesante. El medio físico es muy variado ya que las cuevas umbrías se alternan con las plataformas bien iluminadas y las pozas con los cañones donde se acelera la corriente. Por otro lado, la Isla disfruta de una situación biogeográfica privilegiada ya que se localiza en la región del estrecho de Gibraltar, lugar de confluencia de aguas mediterráneas y atlánticas. Todo ello contribuye a incrementar la biodiversidad marina, que se mantiene en un estado de excelente conservación gracias a las restricciones de acceso impuestas por el destacamento militar de artillería de costa que tiene su base en la Isla, hoy controlado por la Guardia Civil.

Varios son los trabajos que se han desarrollado recientemente centrados en la zona intermareal del Estrecho de Gibraltar en general y de la Isla de Tarifa en particular. Megina *et al.* (1998) destacaron las necesidades de protección de la Isla de Tarifa como valioso espacio natural representativo del litoral Sur-Atlántico. Guerra-García & García-Gómez (2000) hicieron una revisión completa y recopilaron la información existente sobre la fauna submarina de la Isla de Tarifa, incluyendo todas las referencias a trabajos centrados en esponjas (poríferos), cnidarios, briozoos, moluscos, crustáceos, equinodermos, ascidias y peces, fundamentalmente. Guerra-García *et al.* (2000) describieron las co-

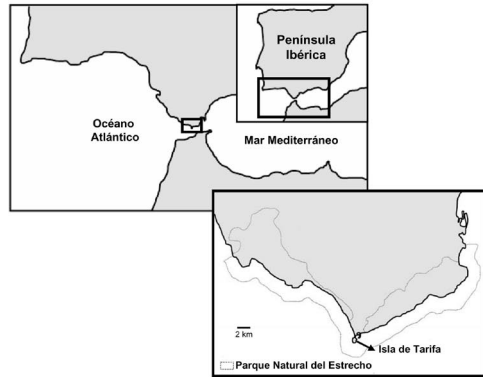


Figura 1 Localización de las estaciones muestreadas en la Isla de Tarifa.

Figure 1 Location of sampling stations at Tarifa Island.

munidades de algas de la Isla de Tarifa y de otros enclaves del sur de España, que se vio completado con el trabajo de Guerra-García *et al.* (2007) enfocado en este caso desde el punto de vista de la educación ambiental y conservación. Fa *et al.* (2002) estudiaron la influencia de algunos factores ambientales sobre la estructura y distribución de las comunidades macrobentónicas asociadas a sustrato duro en algunas zonas del Estrecho de Gibraltar y Guerra-García *et al.* (2006) desarrollaron un método sencillo y rápido para el uso de las comunidades intermareales como indicadores, tomando como referencia los intermareales de la Bahía de Algeciras, próximos a la Isla de Tarifa. Guerra-García *et al.* (2009) llevaron a cabo un estudio exhaustivo de la comunidad de crustáceos peracáridos asociados al alga *Corallina elongata* a lo largo de 25 estaciones localizadas en las costas ibéricas y norteafricanas del Estrecho de Gibraltar, incluyendo la Isla de Tarifa. Recientemente, Guerra-García *et al.* (en pre-

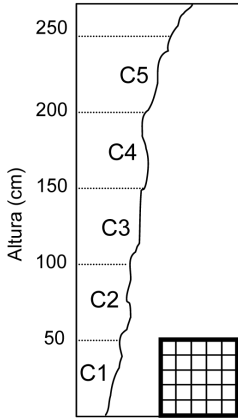


Figura 2 Esquema a escala de la metodología empleada. C=Cinturón. Se incluye la cuadrícula utilizada de 50x50 cm subdividida en 25 cuadrículas.

Figure 2 Sampling methodology. C=belt. The quadrats of 50x50cm subdivided in 25 square units is also included.

sa) han desarrollado un estudio intensivo a lo largo de dos años en el que han descrito las fluctuaciones estacionales de las macroalgas y de los crustáceos caprélidos asociados en la zona de Punta Marroquí, Isla de Tarifa. A pesar del reciente esfuerzo por incrementar el conocimiento de los ecosistemas intermareales en el Estrecho de Gibraltar, la información que se tiene de estos en la Isla de Tarifa es escasa, pues está limitada a zonas concretas y centrada exclusivamente en algas y crustáceos pecarídeos de Punta Marroquí (Guerra-García *et al.*, 2000 y Guerra-García *et al.*, en prensa). Por ello, si se pretende disponer de información básica suficiente de referencia ante futuras actuaciones, es necesario abordar un estudio amplio de la franja intermareal de la Isla de Tarifa en todo su litoral. Con el presente trabajo se pretende explorar los patrones de variación espacial de las principales especies de macroalgas y de macrofauna sésil de los distintos niveles del intermareal de la Isla de Tarifa.

Material y métodos

Se seleccionaron un total de 5 estaciones distribuidas a lo largo de todo el perímetro de la Isla (Fig. 1). El muestreo se llevó a cabo durante el mes de

julio de 2009, correspondiendo con los valores máximos del desarrollo de las algas y de la macrofauna asociada en la Isla de Tarifa (Guerra-García *et al.*, en prensa). Para evitar posibles diferencias debidas a la inclinación de las distintas plataformas, naturaleza del sustrato, etc., se seleccionaron en todos los puntos paredes verticales con las mismas características (Fig. 2). De este modo, las diferencias existentes entre estaciones estarían debidas únicamente a la diferente exposición al oleaje y a los vientos de levante y poniente. En cada una de las 5 estaciones seleccionadas se empleó el método propuesto por Guerra-García *et al.* (2006) con modificaciones. Teniendo en cuenta que en la Isla de Tarifa la amplitud de la franja intermareal es de 250 cm aproximadamente, ésta se subdividió en 5 cinturones de 50 cm de amplitud cada uno. De este modo en las 5 estaciones se delimitaron 5 cinturones de 50 cm de amplitud, desde el nivel cero de marea hasta los 250 cm sobre el nivel del mar.

Para la caracterización de las macroalgas y de la macrofauna sésil se dispusieron al azar 4 cuadrículas de 50 x 50 cm (subdivididas, a su vez, en 25 subcuadrículas) (Figs. 2 y 3) en cada uno de los 5 cinturones. Para cada especie de macroalga o macrofauna sésil (anémonas, mejillones, lapas, etc.) se anotó el número de subcuadrículas en las que estaba presente (mínimo=0, máximo=25). Posteriormente se sumó el resultado de las cuatro cuadrículas de cada nivel, de modo que la abundan-



Figura 3 Cuadrícula de 50x50 cm usada en el presente estudio.

Figure 3 Quadrat of 50x50 cm used in the present study.

Tabla 1 Valores medios de los parámetros físico-químicos medidos en las cinco estaciones. T^a (°C), Conductividad (μS/cm), Salinidad (g/l), Oxígeno (mg/l).

Table 1 Mean values of physico-chemical parameters measured in the five stations. T^a (°C), Conductivity (μS/cm), Salinity (g/l), Oxygen (mg/l).

| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
|----------------|------|------|------|------|------|
| T ^a | 18,8 | 17,4 | 17,8 | 18,6 | 20,2 |
| pH | 8,35 | 8,24 | 8,26 | 8,23 | 8,32 |
| Conductividad | 56,1 | 56,8 | 56,6 | 56,4 | 56,3 |
| Salinidad | 35,9 | 36,3 | 36,2 | 36,1 | 36,0 |
| Oxígeno | 9,80 | 8,99 | 9,21 | 9,38 | 9,13 |

cia/coertura de las especies podía expresarse en cada cinturón como porcentaje sobre el 100% (25 subcuadrículas x 4 cuadrículas en cada cinturón= 100 subcuadrículas totales). Aunque en algunos estudios se utiliza una matriz de cobertura para las algas y otra matriz de densidades para la macrofauna, hemos preferido seguir este método modificado de Guerra-García *et al.* (2006) en el que se utiliza la misma metodología (presencia/ausencia de la especie en cada subcuadrícula) tanto para algas como para fauna. De esta forma, se consigue una matriz conjunta que puede utilizarse como matriz única para los análisis estadísticos multivariantes. Si se utilizase cobertura para las algas y densidades para la macrofauna sésil, se obtendrían dos matrices distintas que tendrían que tratarse por separado para aplicar correctamente los análisis estadísticos.

En cada estación, se midieron los siguientes parámetros “in situ”: temperatura del agua y concentración de oxígeno (en mg/l) mediante un oxímetro Crison Oxi 45P; salinidad mediante un conductivímetro WTW LF-323, y pH usando un pHmetro crisol MM40. Se tomaron 3 medidas de cada parámetro y se calculó la media y la desviación típica.

Para los análisis estadísticos se utilizaron los programas SPSS y PRIMER. Se llevaron a cabo tanto análisis univariantes de comparación de medias, como análisis multivariantes. El algoritmo de agrupación empleado fue el UPGMA y el índice de similitud seleccionada fue el de Bray-Curtis.

Resultados y discusión

No se encontraron diferencias significativas en las características físico-químicas entre estaciones.

Los valores medios se incluyen en la Tabla 1.

Tras identificar las principales especies de macroalgas de cada cinturón y la fauna sésil, se elaboró la Tabla 2, que recoge las abundancias en porcentaje. Las especies de algas dominantes en todas las estaciones muestreadas fueron *Asparagopsis armata* y *Corallina elongata* que ocuparon los niveles más bajos, próximos al submareal, y el céspe de *Caulacanthus ustulatus* y *Gelidium* spp que se extendió en los cinturones intermedios. En cuanto a la fauna sésil, estuvo dominada por el crustáceo cirrípedo *Chatamalus stellatus* y *Littorina neritoides* que ocuparon los niveles más altos. Las lapas *PateLLa caerulea* y *P. rustica* también fueron abundantes en la franja intermareal; la primera se distribuyó en la zona intermedia mientras que la segunda estuvo restringida a los niveles superiores.

En la tabla 3 se recogen los datos correspondientes a cada estación de forma global, sin diferenciar cinturones. La cobertura de *Asparagopsis armata* y *Lythophyllum incrustans* sufre un descenso en las estaciones E1 y E5, posiblemente debido a la influencia de las playas, que supone un aporte arenoso, y a la menor renovación de estas dos estaciones. Por el contrario, otras algas como *Codium adherens* y *Colpomenia sinuosa* sólo se registraron de forma importante en estas dos estaciones con mayor influencia de la arena. *Ulva rigida*, *Valonia utricularis* y *Osmundea pinnatifida* mostraron preferencia por las zonas expuesta a vientos de levante (E1-E3) mientras que *Chaetomorpha linum* se encontró en los cinturones más expuestos a poniente (E4 y E5). En cuanto a la fauna, las principales diferencias afectaron a las especies *Chatamalus stellatus*, *Pollicipes pollicipes* y *Siphonaria pectinata*. El cirrípedo *C. stellatus* mostró una clara preferencia por la zona expuestas a vientos de poniente, el

Tabla 2 Abundancia de las principales especie de algas y de fauna sésil (en %) en los cinco cinturones de las cinco estaciones muestreadas (E1-E5).

Table 2 Abundance of the main species of algae and sésil fauna (in %) in the five belts of the five sampled stations (E1-E5).

| | E1 | | | | | E2 | | | | | E3 | | | | | E4 | | | | | E5 | | | | | |
|-------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | |
| FLORA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Asparagopsis armata</i> | 37 | 2 | 0 | 0 | 0 | 62 | 11 | 0 | 0 | 0 | 71 | 21 | 1 | 0 | 0 | 42 | 26 | 0 | 0 | 0 | 36 | 10 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Césped Caulacanthus/Gelidium</i> | 0 | 75 | 25 | 15 | 0 | 0 | 46 | 62 | 9 | 0 | 0 | 34 | 70 | 0 | 0 | 0 | 63 | 45 | 12 | 0 | 0 | 82 | 55 | 14 | 0 | 0 |
| <i>Chaetomorpha aerea</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Chistomorpha linum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 8 | 0 |
| <i>Cladophora cf laetevirens</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 23 | 8 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 3 | 0 | 0 | 37 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Codium adhaerens</i> | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 22 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Corallina elongata</i> | 80 | 30 | 20 | 5 | 0 | 45 | 6 | 10 | 2 | 0 | 27 | 48 | 16 | 0 | 0 | 76 | 31 | 5 | 0 | 0 | 56 | 40 | 9 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Dyctiota dichotoma</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 25 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Fucus spiralis</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Gelidium corneum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Gelidium latifolium</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Lithophyllum bissoides</i> | 0 | 8 | 25 | 0 | 0 | 0 | 7 | 47 | 63 | 0 | 4 | 72 | 1 | 0 | 0 | 36 | 82 | 12 | 0 | 0 | 0 | 7 | 59 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Lithophyllum incrustans</i> | 3 | 2 | 0 | 0 | 0 | 12 | 6 | 0 | 0 | 0 | 11 | 10 | 0 | 0 | 0 | 35 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Nemalion helminthoides</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Osmunda pinnatifida</i> | 0 | 0 | 10 | 0 | 0 | 0 | 7 | 51 | 0 | 0 | 0 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Plocamium cartilagineum</i> | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 0 | 4 | 9 | 0 | 0 | 0 | 6 | 26 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Rivularia atra</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 |
| <i>Ulva rigida</i> | 0 | 21 | 39 | 17 | 0 | 2 | 4 | 74 | 88 | 0 | 5 | 77 | 30 | 0 | 0 | 12 | 23 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 |
| <i>Valonia utricularis</i> | 0 | 53 | 26 | 0 | 0 | 0 | 70 | 47 | 10 | 0 | 0 | 6 | 17 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| FAUNA: | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <i>Actinia echina</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Astroides calycularis</i> | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Balanus perforatus</i> | 0 | 5 | 8 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Calliostoma sp</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Chiton olivaceus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Chironomus sibiricus</i> | 0 | 0 | 0 | 31 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 50 | 23 | 0 | 0 | 57 | 72 | 0 | 0 | 0 | 11 | 89 | 10 | 0 | 0 |
| <i>Dendropoma petraeum</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 5 | 0 | 0 | 0 | 6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Littorina neritoides</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 84 | 0 | 0 | 0 | 0 | 55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 79 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 35 |
| <i>Mytilus cf galloprovincialis</i> | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Oslinus turbinatus</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Paracentrotus lividus</i> | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Patella caerulea</i> | 0 | 2 | 2 | 13 | 0 | 0 | 0 | 10 | 6 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 40 | 5 | 0 | 0 | 0 | 1 | 17 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Patella rustica</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 19 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 34 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 4 |
| <i>Pollicipes pollicipes</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 0 | 1 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Siphonaria pectinata</i> | 0 | 0 | 0 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 10 | 4 | 0 | 0 | 0 |

percebe *P. pollicipes* restringió su presencia a las estaciones centrales más expuestas, mientras que el pulmonado *Siphonaria pectinata* apareció en las estaciones más embolsadas, con menor exposición, como la E1 y E5.

En cualquier caso, el patrón general de zonación se mantiene en todas las estaciones muestreadas independientemente del grado de exposición a vientos de poniente y de levante. Para las principales especies de algas y fauna asociada se han elaborado perfiles gráficos (Fig. 4) donde se recoge la abundancia relativa a lo largo del perfil vertical desde el cinturón 1 (C1), próximo a la zona submareal, hasta el cinturón 5 (C5) que se corresponde con el nivel superior y soporta mayor desecación. Como puede apreciarse en las figuras el patrón es similar en todas las estaciones, aunque se observan gradientes diferenciados para algunas especies. Es el caso de *Valonia utricularis*, claramente representada en varios cinturones de las estaciones expuestas a levante y, sin embargo, ausente en la zona de poniente.

Si representamos el número de especies dominantes en cada uno de los cinturones muestreados y los comparamos por estaciones, se observa que

la mayor diversidad se registra en el cinturón intermedio C3 (Fig. 5). La estación de mayor grado de exposición (E3) presentó mayor diversidad que las estaciones restantes para los cinturones C2, C3 y C5. Sin embargo, la estación E4 fue la que presentó el C1 más diverso y la estación E5 la que presentó mayor número de especies en el cinturón 4.

Cuando se aplicaron los análisis multivariantes a la matriz de especies de flora y fauna de las 5 estaciones, se obtuvo una ordenación muy clara, que confirmó el patrón de zonación común en todas las estaciones. En el MDS global (Fig. 6) se observa que las estaciones E1 y E5 se encuentran distanciadas del resto, debido, como ya se ha comentado anteriormente, a la influencia de las playas y al mayor grado de embolsamiento. Cuando profundizamos en cada una de las estaciones y consideramos los cinturones por separado, vemos que se agrupan los cinturones entre sí, independientemente de las estaciones, indicando que la distribución de las especies en los cinco cinturones es común para las cinco estaciones. Tan sólo los cinturones 3 y 4 solapan entre sí, mostrando una mayor similitud entre ellos. Los cinturones 1 y 5 son los que se diferencian más del resto en cuanto a la composición

Tabla 3 Abundancia (%) de las principales especies de algas y fauna sésil en las cinco estaciones muestreadas (E1-E5). Los valores se han calculado a partir de la media de los cinco cinturones muestreados. Se marcan en azul las especies que mostraron mayores diferencias entre estaciones.

Table 3 Abundance (%) of the main species of algae and sesil fauna of the five sampled stations (E1-E5). Values are mean of the five belts. Species with highest differences among stations are underlined in blue.

| | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|
| FLORA: | | | | | |
| <i>Asparagopsis armata</i> | 7,8 | 14,6 | 18,6 | 13,6 | 9,2 |
| <i>Césped Caulacanthus/Gelidium</i> | 23 | 23,4 | 20,8 | 24 | 30,2 |
| <i>Chaetomorpha aerea</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Chetomorpha linum</i> | 0 | 0 | 0 | 6,4 | 1,6 |
| <i>Cladophora cf laetevirens</i> | 0 | 6,2 | 1,8 | 9 | 0,6 |
| <i>Codium adherens</i> | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 3,6 |
| <i>Colpomenia sinuosa</i> | 1,6 | 0 | 0 | 0 | 13 |
| <i>Corallina elongata</i> | 27 | 12,6 | 18,2 | 22,4 | 21 |
| <i>Dyctiota dichotoma</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 5,4 |
| <i>Fucus spiralis</i> | 0 | 0 | 9,2 | 0 | 0 |
| <i>Gelidium corneum</i> | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| <i>Gelidium spinosum</i> | 0 | 0 | 0,6 | 0 | 0 |
| <i>Lithophyllum bissoides</i> | 6,6 | 23,4 | 9,6 | 26 | 13,2 |
| <i>Lithophyllum incrustans</i> | 1 | 3,6 | 4,2 | 7 | 0,6 |
| <i>Nemalium helminthoides</i> | 0 | 0 | 0 | 0,8 | 0 |
| <i>Osmundea pinnatifida</i> | 2 | 11,6 | 3,4 | 0,2 | 0 |
| <i>Plocamium cartilagineum</i> | 0,4 | 1 | 2,6 | 5,6 | 0 |
| <i>Rivularia atra</i> | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,6 |
| <i>Ulva rigida</i> | 15,4 | 33,6 | 17 | 12,6 | 1,9 |
| <i>Valonia utricularis</i> | 15,8 | 23,4 | 4,6 | 0 | 0 |
| FAUNA: | | | | | |
| <i>Actinia echina</i> | 0 | 0,4 | 0,8 | 0 | 2,2 |
| <i>Astroides calycularis</i> | 1,4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Balanus perforatus</i> | 2,6 | 0,8 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Calliostoma cf laugierii</i> | 0 | 0,2 | 0 | 0 | 0 |
| <i>Chiton olivaceus</i> | 0 | 0,2 | 0 | 0,6 | 0,2 |
| <i>Chtamalus stellatus</i> | 6,2 | 0,6 | 14,6 | 25,8 | 22,4 |
| <i>Dendropoma petraeum</i> | 0 | 0 | 3 | 1,2 | 0 |
| <i>Littorina neritoides</i> | 16,8 | 11 | 8,6 | 15,8 | 7 |
| <i>Mytilus cf galloprovincialis</i> | 0,4 | 0,4 | 0,6 | 1,4 | 0 |
| <i>Osilinus turbinatus</i> | 0 | 0 | 0,2 | 0 | 0 |
| <i>Paracentrotus lividus</i> | 0 | 0 | 0 | 0,6 | 0 |
| <i>Patella caerulea</i> | 3,4 | 3,2 | 0,2 | 9 | 3,8 |
| <i>Patella rustica</i> | 0 | 3,8 | 0,4 | 7 | 2,2 |
| <i>Pollicipes pollicipes</i> | 0 | 0,2 | 2,2 | 1,2 | 0 |
| <i>Siphonaria pectinata</i> | 3,2 | 0 | 0 | 0 | 2,8 |

de algas y fauna sésil. Estos resultados apoyan los anteriores mostrando que el comportamiento de la zona intermareal es muy parecido en toda la Isla de Tarifa, sin encontrarse grandes diferencias entre las tres estaciones.

Por otra parte, durante el presente estudio se constató la presencia de las especies *Astroides*

calycularis y *Dendropoma petraeum*. *Dendropoma petraeum* es un molusco gasterópodo que forma densos agregados cementados. Pertenece a la familia de los verméticos, cuyas especies se caracterizan porque su concha, al contrario que otros gasterópodos, no está enrollada en espiral, sino que consiste en un tubo irregular que se fija al sustrato.

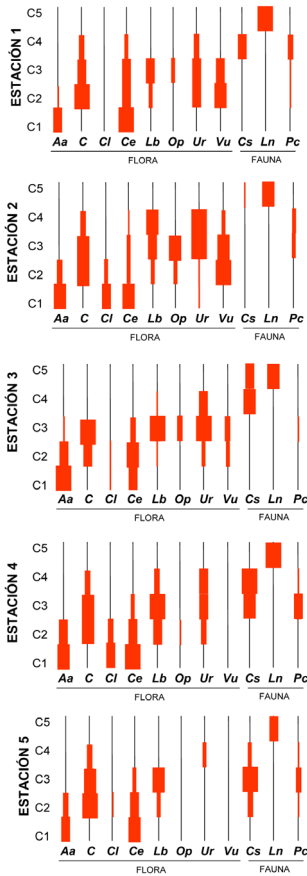


Figura 4 Perfiles verticales de las principales especies de macroalgas y fauna sésil en los cinco cinturones de las cinco estaciones muestreadas. El tamaño del rectángulo rojo de cada cinturón indica la abundancia relativa de la especie. **Aa:** *Asparagopsis armata*; **C:** Césped de *Caulacanthus* y *Gelidium*; **Cl:** *Chaetomorpha linum*; **Ce:** *Corallina elongata*; **Lb:** *Lithophyllum bisoides*; **Op:** *Osmundea pinnatifida*; **Ur:** *Ulva rigida*; **Vu:** *Valonia utricularis*; **Cs:** *Chtamalus stellatus*; **Ln:** *Littorina neritoides*; **Pc:** *Patella caerulea*.

Figure 4 Vertical distribution of the main species of macroalgae and sessile fauna in the five belts of the five sampled stations. Size of red rectangle indicates the relative abundance of each species. **Aa:** *Asparagopsis armata*; **C:** Césped de *Caulacanthus* y *Gelidium*; **Cl:** *Chaetomorpha linum*; **Ce:** *Corallina elongata*; **Lb:** *Lithophyllum bisoides*; **Op:** *Osmundea pinnatifida*; **Ur:** *Ulva rigida*; **Vu:** *Valonia utricularis*; **Cs:** *Chtamalus stellatus*; **Ln:** *Littorina neritoides*; **Pc:** *Patella caerulea*.

Por tanto, estos animales se asemejan más, externamente, a un gusano tubícola que a un caracol. Se encuentra incluido en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas con la categoría de “Vulnerable”, en el Anexo II del Convenio de Barcelona y del Convenio de Berna. *Astroides calycularis* es una madrepora muy llamativa por el color naranja intenso de los pólipos que forman la colonia. Este coral se extendía por todo el Mediterráneo occidental durante el Pleistoceno, pero su área de distribución ha ido reduciéndose progresivamente. Su alarmante regresión parece responder a causas naturales y se ve agravada por la destrucción de muchos roquedos costeros de las áreas donde se encuentra. La contaminación de las aguas superficiales y su recogida por parte de buceadores con fines decorativos son otras causas añadidas que inciden en

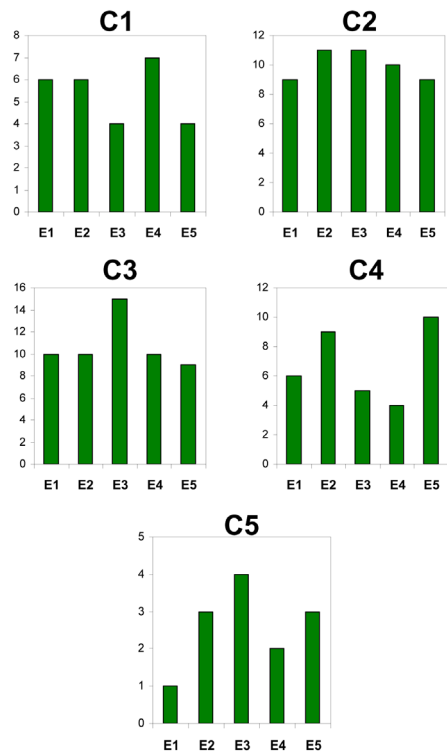


Figura 5 Número de especies dominantes registradas en los cinco cinturones de cada estación.

Figure 5 Number of dominant species registered in the five belts of each station.

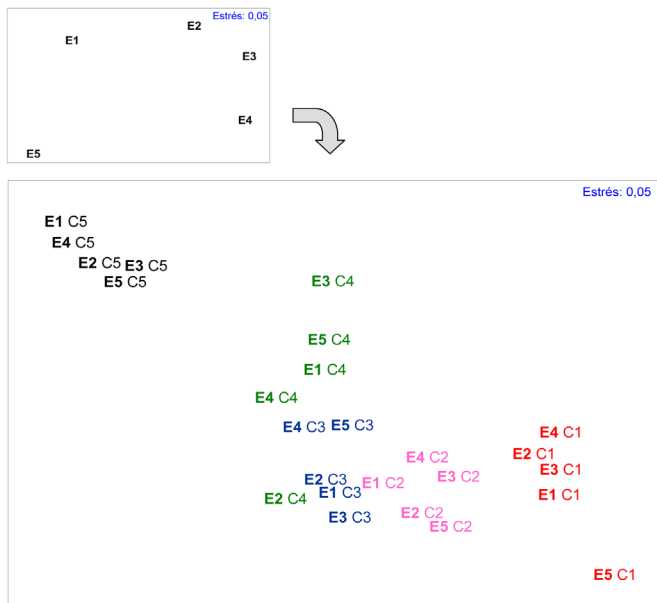


Figura 6 Resultado del análisis multidimensional (MDS) elaborado con la matriz global de estaciones (arriba) y con la matriz de cinturones (abajo). Los distintos cinturones se representan con distintos colores. E1-E5: estaciones 1-5; C1-C5: cinturones 1-5.

Figure 6 Result of the multidimensional analysis (MDS) based on the global matrix of stations (top) and the belt matrix (down). Different belts are represented with different colours. E-1-E5: stations 1-5; C1-C5: belts 1-5.

su desaparición progresiva. Esta especie aparece con la categoría de Vulnerable en el Catálogo Español y Andaluz de Especies Amenazadas, y en el Libro Rojo de Invertebrados de Andalucía. Aunque durante el presente trabajo no se registró ningún ejemplar de las lapas *Patella ferruginea* y *Cymbula nigra*, su presencia en la Isla ha sido puesta de manifiesto en trabajos previos (Ruiz-Giráldez *et al.*, en prensa). *Patella ferruginea* es una especie muy conspicua, alcanza los 10 cm de longitud y presenta una morfología muy característica, con un color ferruginoso en la concha y costillas muy marcadas que conforman un borde sinuoso a la concha. Se encuentra incluida en la Directiva Hábitat de la UE en su Anexo IV como una “especie animal de interés comunitario que requiere una protección estricta”, así mismo se encuentra incluida en el Convenio de Barcelona en su Anexo II como “especie en peligro o amenazada”, y recogida en el Catálogo Nacional de Especies Amenazadas con la máxima categoría de protección al considerarla como “especie en peligro de extinción” (BOE, 1999). Aun-

que fue muy abundante en el pasado, su presencia en la actualidad se reduce a algunos enclaves en el Mediterráneo, destacando la población de Chafarinas, Melilla y Ceuta. *Cymbula safiana* es la lapa de mayor tamaño que podemos encontrar en nuestras costas, llegando a alcanzar los 12 cm de longitud. Se trata de una especie originaria de África Ecuatorial que ha penetrado recientemente en las costas europeas y norteafricanas. Se encuentra recogida en el Anexo II del Convenio de Barcelona y del Convenio de Berna. Su biología es muy poco conocida. La presencia de todas estas especies amenazadas en la zona intermareal incrementa el interés de la Isla de Tarifa en lo relativo a su conservación.

Este estudio completa la información aportada por Guerra-García *et al.* (2000) y Guerra-García *et al.* (2007) sobre algas de la Isla de Tarifa, y sirve como punto de partida para futuros estudios más específicos en la zona intermareal. Este tipo de estudios debe llevarse a cabo como parte de los programas de vigilancia y monitorización del Parque Natural del Estrecho.

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. Nuestros agradecimientos igualmente a la Autoridad Portuaria de la Bahía de Algeciras por la financiación adicional para este estudio, a la dirección del Parque Natural del Estrecho y a la Comandancia General de la Guardia Civil por facilitar la entrada a la Isla a través de los permisos pertinentes.

Bibliografía

- Conde, F., Seoane, J.A. 1983. Aspectos de la vegetación y zonación macrofitobentónica en las costas malagueñas. *Anales Jardín Botánico de Madrid* 39: 465-487.
- Crowe, T.P., Thompson, R.C., Bray, S., Hawkins, S.J. 2000. Impacts of anthropogenic stress on rocky intertidal communities. *Journal of Aquatic Ecosystema Stress and Recovery* 7: 273-297.
- Fa, D.A., Finlayson, C., García-Adiego, E., Sánchez-Moyano, J.E., García-Gómez, J.C. 2002. Influence of some environmental factors on the structure and distribution of the rocky shore macrobenthic communities in the Bay of Gibraltar: preliminary results. *Almoraima* 28: 73-88.
- Guerra-García, J.M., García-Gómez, J.C. 2000. La fauna submarina de la Isla de las Palomas (Tarifa, Cádiz). Temas de flora, fauna y ecología del Campo de Gibraltar. *Cuadernos del Instituto* 2: 7-17.
- Guerra-García, J.M., Sánchez-Moyano, J.E., Corzo, J., Moreno-Rivas, S., García-Gómez, J.C. 2000. Descripción de las comunidades de algas de la Isla de las Palomas (Tarifa) y de otros enclaves del sur de España. *Almoraima* 23: 189-194.
- Guerra-García, J.M., Maestre, M.J., González, A.R., García-Gómez J.C. 2006. Assessing a quick monitoring method using rocky intertidal communities as a bioindicator: a multivariate approach in Algeciras Bay. *Environmental Monitoring and Assessment* 116: 345-361.
- Guerra-García, J.M., Ruiz-Tabares, A., García-Gómez, J.C. 2007. Seguimiento de las comunidades intermareales de la Isla de Tarifa (Cádiz): Educación Ambiental y Conservación. *Almoraima* 35: 269-275.
- Guerra-García, J.M., Cabezas, M.P., Baeza-Rojano, E., Espinosa, F., García-Gómez, J.C. 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 the United Kingdom* 89: 387-397.
- Guerra-García, J.M., Baeza-Rojano, E., Cabezas, M.P., Pacios, I., Díaz-Pavón, J.J., García-Gómez, J.C. (En prensa). Spatial patterns and seasonal fluctuations of the intertidal Caprellidae (Crustacea: Amphipoda) from Tarifa Island, Southern Spain. *Zoologica Baetica*.
- Megina, C., Trejo, E., Cervera, J.L., Mourente, G. 1998. La Isla de las Palomas (Tarifa): un valioso espacio natural representativo del litoral Sur-Atlántico. Necesidad de protección y propuesta de modelos. *Actas III Jornadas de Medio Ambiente*. Universidad de Cádiz.
- Ruiz-Giráldez, F., Espinosa, F., Guerra-García, J.M., Corzo, J., Gálvez, R. (En prensa) Evaluación y conservación de especies intermareales amenazadas en el Parque Natural del Estrecho: La importancia del voluntariado ambiental. *Almoraima*.
- Ruiz-Tabares, A., Gordillo, I., Corzo, J.R., García-Gómez, J.C. 2003. Macrofitobentos mediolitoral y delimitación de áreas sensibles a la contaminación marina en el litoral ceutí (Estrecho de Gibraltar). *Boletín del Instituto Español de Oceanografía* 19: 93-103.