

VIERAEA	Vol. 39	183-201	Santa Cruz de Tenerife, octubre 2011	ISSN 0210-945X
---------	---------	---------	--------------------------------------	----------------

## **Comunidades de macroalgas en ambientes rocosos sublitorales de Lanzarote y archipiélago Chinijo (islas Canarias)**

CARLOS SANGIL<sup>1,2</sup>, MARTA SANSÓN<sup>2</sup> & JULIO AFONSO-CARRILLO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Área de Biodiversidad, Consorcio Insular de la Reserva Mundial  
de la Biosfera La Palma  
Av. Marítima 3, 38700 Santa Cruz de La Palma, La Palma, Islas Canarias  
casangil@lapalmabiosfera.es*

<sup>2</sup>*Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Universidad de La Laguna  
38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias*

SANGIL, C., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2011). Seaweed assemblages in sublittoral rocky substrata from Lanzarote and Chinijo Archipelago (Canary Islands). *VIERAEA* 39: 183-201.

**ABSTRACT:** Sublittoral macroalgae assemblages in rocky substrata (5-20 m depth) in Lanzarote Island and Chinijo Archipelago are significantly conditioned by high densities of the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum*, and in a lesser degree by sedimentation and wave exposure. The crustose macroalgae assemblages (crustose corallines, *Pseudolithoderma adriaticum*) dominate in most of the studied localities. Annual macroalgae assemblages (*Dictyota* spp., *Canistrocarpus cervicornis*, *Jania adhaerens*, filamentous rhodophytes) are dominant in habitats with high sedimentation, and perennial macroalgae assemblages (*Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp., *Sargassum* spp.) in habitats with high wave exposure.

**Key words:** sublittoral macroalgae assemblages, sedimentation, wave exposure, *Diadema* aff. *antillarum*, crustose corallines, Lanzarote, Chinijo Archipelago, Canary Islands.

**RESUMEN:** Las comunidades sublitorales de macroalgas de sustratos rocosos (5-20 m de profundidad) en la isla de Lanzarote y archipiélago Chinijo están significativamente condicionadas por las elevadas densidades del erizo *Diadema* aff. *antillarum*, y en menor medida por la sedimentación y la exposición al oleaje. Las comunidades de macroalgas costrosas (coralinales costrosas, *Pseudolithoderma adriaticum*) dominan en la mayoría de las localidades estudiadas. En ambientes con elevada sedimentación dominan comunidades de macroalgas anuales (*Dictyota* spp., *Canistrocarpus cervicornis*, *Jania adhaerens*, rodofitas filamentosas), y en ambientes muy expuestos al

oleaje, comunidades de macroalgas perennes erectas (*Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp., *Sargassum* spp.).

Palabras clave: comunidades de macroalgas sublitorales, sedimentación, exposición al oleaje, *Diadema* aff. *antillarum*, coralinales costrosas, Lanzarote, archipiélago Chinijo, islas Canarias.

## INTRODUCCIÓN

Con respecto a los hábitats marinos, Lanzarote y archipiélago Chinijo constituyen un área compleja debido a la fragmentación del territorio, a las diferentes exposiciones al oleaje de sus costas y a la variabilidad de sus sustratos (Díaz-Reyes & Espino, 1998). Desde el punto de vista biogeográfico, es un enclave singular dentro del archipiélago canario, ya que sus aguas están situadas en un extremo del gradiente oceanográfico que ocurre en las aguas de Canarias, debido a la proximidad al afloramiento de la costa africana (Braun & Molina, 1988; Barton *et al.*, 1998). En este área las aguas son más frías y productivas que en el resto de las islas. Esta circunstancia condiciona que la biota de sus fondos presente afinidad con la de ecosistemas templados, y que algunas de las especies tengan en este enclave sus únicas poblaciones conocidas en las islas Canarias (Brito *et al.*, 2001; Sansón *et al.*, 2001; Brito & Ocaña, 2004; Sangil *et al.*, 2007a).

Los estudios de la vegetación submarina de Lanzarote y archipiélago Chinijo comenzaron con Viera & Wildpret (1986) quienes realizaron una descripción de las comunidades del intermareal y sublitoral somero de La Graciosa. Wildpret *et al.* (1987), en el contexto de la primera cartografía de la vegetación ficológica de Canarias, aportaron datos de la distribución de las principales poblaciones y comunidades de este área. Carrillo & Cruz (1992) reseñaron las poblaciones de macroalgas al estudiar las comunidades marinas del litoral del Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote). Ballesteros (1993) estudió las comunidades de macroalgas de profundidad (30-60 m) incluyendo localidades de Lanzarote y archipiélago Chinijo. Guadalupe-González *et al.* (1994) realizaron un estudio florístico en Arrecife (Lanzarote), en el que también recogieron algunos aspectos de la distribución vertical de los macrofitos. Bianchi *et al.* (2000) determinaron la composición y estructura de las comunidades bentónicas de Puerto del Carmen (Lanzarote), aportando datos cuantitativos de la distribución vertical de las macroalgas entre 0 y 50 m de profundidad. Finalmente, Reyes *et al.* (2000) y Cruz-Reyes *et al.* (2004) describieron las comunidades bentónicas, en especial las de macroalgas, en diferentes localidades del archipiélago Chinijo.

El presente trabajo fue diseñado con el propósito de determinar estadísticamente las principales variables que influyen en la composición y estructura de las comunidades de macroalgas del sublitoral de sustratos rocosos en la isla de Lanzarote y archipiélago Chinijo. Además, como segundo objetivo de este estudio, se muestrearon localidades en el archipiélago Chinijo previamente estudiadas en los años 1995 y 1996 por Reyes *et al.* (2000), con el fin de determinar los cambios ocurridos en la vegetación tras un periodo de 10 años.

## MATERIAL Y MÉTODOS

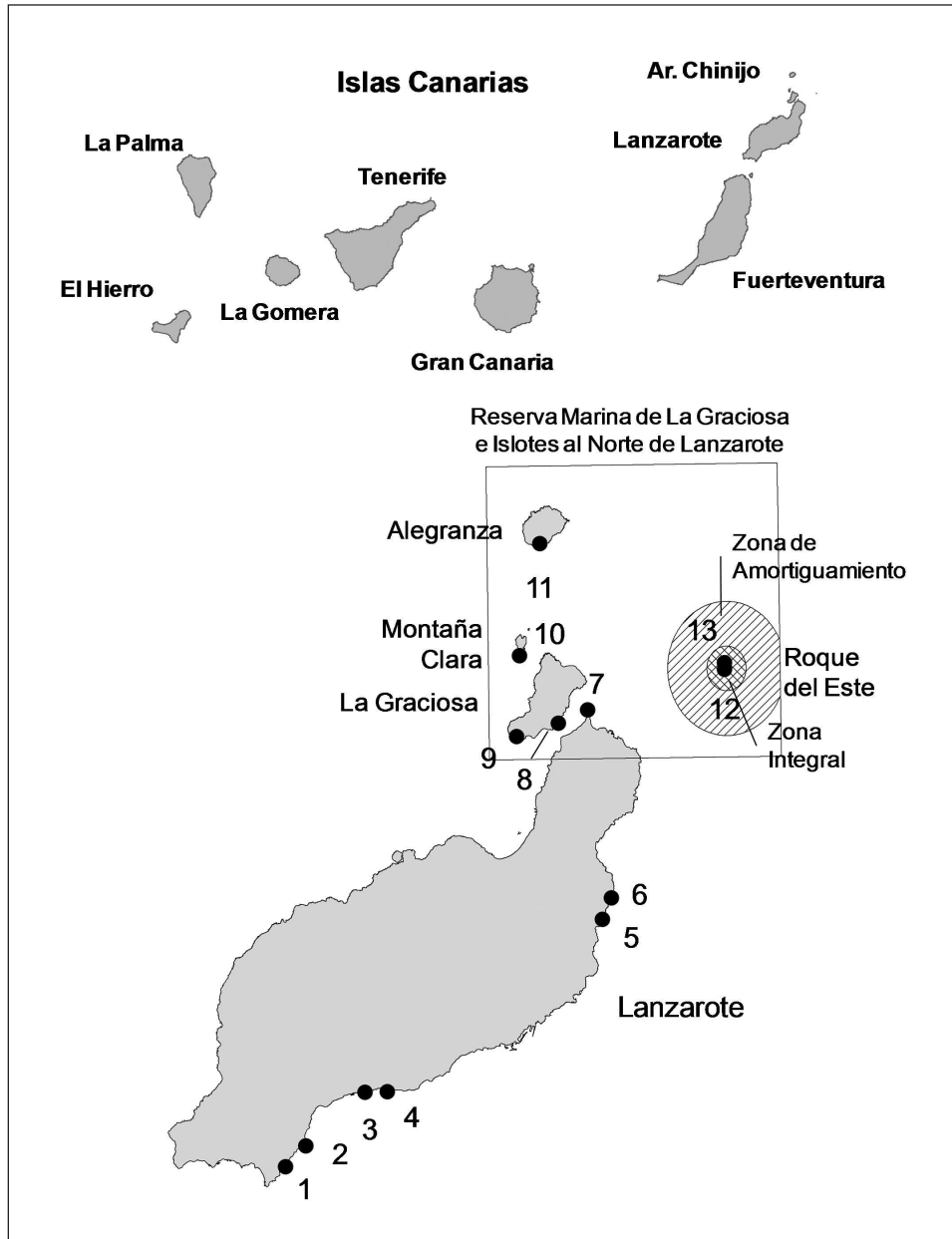
### *Área de estudio*

La isla de Lanzarote y el archipiélago Chinijo se localizan en el extremo oriental de las islas Canarias. Lanzarote presenta una superficie de aproximadamente 823 km<sup>2</sup>, mientras que el archipiélago Chinijo presenta 39 km<sup>2</sup>, repartidos en sus diferentes islotes y roques, La Graciosa (27 km<sup>2</sup>), Alegranza (10 km<sup>2</sup>), Montaña Clara (1 km<sup>2</sup>), Roque del Oeste (<1 km<sup>2</sup>) y Roque del Este (<1 km<sup>2</sup>). Geológicamente es un territorio complejo con coladas de episodios eruptivos muy distantes en el tiempo (Carracedo *et al.*, 1988). Su morfología litoral es variada, alternando acantilados con plataformas y playas, y su plataforma submarina es amplia en relación con otras islas del archipiélago, predominando los sustratos blandos frente a la roca (Díaz-Reyes & Espino, 1998).

Sus aguas son frías y con relativa cantidad de nutrientes al estar muy próximas al afloramiento africano, oscilando entre 17°C (marzo-abril) y 23°C (septiembre-octubre), con temperaturas medias 1,5-2°C inferiores a las del extremo occidental del archipiélago canario (Braun & Molina, 1988; Barton *et al.*, 1998). El oleaje, principalmente de componente norte-nordeste, afecta de forma diferente a lo largo de este territorio debido a la orientación y configuración de la costa, permitiendo un amplio rango de ambientes, desde semiprotectidos a muy expuestos al oleaje.

### *Muestras*

Los muestreos fueron realizados en noviembre de 2005 en 13 localidades del litoral de Lanzarote y archipiélago Chinijo (Fig. 1), entre 5 y 20 m de profundidad, repartiendo los muestreos equitativamente en tres niveles de profundidad (5-10 m, 10-15 m, 15-20 m). En cada nivel, la cobertura de las especies de macroalgas fue estimada a partir de 6 muestras utilizando una cuadrícula de 25x25 cm (subdividida en subcuadrículas de 5x5 cm). En total se obtuvieron 234 muestras. Las especies de cada muestra fueron identificadas *in situ*, y el porcentaje de cobertura fue posteriormente estimado a partir del estudio de una fotografía de cada una de las cuadrículas. Muchas de las coralinales costrosas, rodofitas filamentosas (pequeñas ceramiáceas) y cianofitas no fueron identificadas *in situ* por lo que se consideraron como grupo en los descriptivos y análisis. Simultáneamente se tomaron datos de las principales variables ambientales. Para la estimación de la densidad del erizo *Diadema aff. antillarum* se utilizaron tres transectos de 10x2 m de ancho para cada uno de los niveles de profundidad (Hernández *et al.*, 2008). Sedimentación (porcentaje de roca cubierta por arena), pendiente del sustrato (porcentaje de inclinación) y rugosidad de la roca (estimada siguiendo el método de 'rope and chain' y expresada como porcentaje; Sangil, 2011) fueron estimadas *in situ*, de acuerdo con una escala de 5 valores [1=muy pequeña (< 5%), 2=pequeña (5-25 %), 3=moderada (25-50%), 4=alta (50-75%) y 5=muy alta (75-100%)]. El sustrato rocoso se separó en cinco tipos [1=plataforma rocosa, 2=bloques y piedras de >2 m de diámetro, 3=piedras de 2-0,5 m, 4=piedras 0,5-0,25 m y 5=piedras <0,25 m]. La exposición al oleaje se clasificó en cinco tipos [1=protegido, 2=semiprotectido, 3=semiexpuesto, 4=expuesto y 5=muy expuesto].



**Figura 1.-** Situación de las localidades estudiadas. Lanzarote: 1. Caleta Larga; 2. Punta Gorda; 3. Risco Prieto; 4. Bajón de Puerto del Carmen; 5. Los Cocoteros; 6. Charco del Palo; 7. Punta Fariones. Archipiélago Chinijo: 8. Caleta del Sebo; 9. Montaña Amarilla; 10. Cuevas Coloradas; 11. La Marea; 12. Roque del Este (Sur); 13. Roque del Este (Norte). Localidades 7-13 incluidas en la Reserva Marina de La Graciosa e Islotes al Norte de Lanzarote.

### Análisis de datos

La técnica multivariante DistLM (distance-based linear model routine) (Legendre & Anderson, 1999) fue empleada para estudiar la relación entre la cobertura de las especies de cada una de las muestras y las variables ambientales. Previa a la realización de estos análisis, se exploró la relación entre las variables mediante el método ‘draftsman plot’, obteniendo los correspondientes coeficientes de correlación de Pearson (Clarke & Gorley, 2006). Este test se realizó para detectar la posible relación entre las variables, descartando aquellas que estuvieran fuertemente correlacionadas. La correlación entre variables resultó baja por lo que ninguna variable fue excluida. El procedimiento y criterio de selección empleado en el DistLM fue ‘step-wise’ y  $R^2$ , y se emplearon 9999 permutaciones. Siguiendo la recomendación de Clarke & Gorley (2006), los datos de cobertura fueron transformados mediante raíz cuadrada, mientras que las variables ambientales fueron normalizadas. Además, se utilizó el análisis de ordenación dBRDA (distance-based redundancy analysis, McArdle & Anderson, 2001) para visualizar la relación entre las variables ambientales de acuerdo con el modelo de regresión multivariante generado por el DistLM.

Para analizar la similitud de la estructura y composición de las comunidades de macroalgas entre las localidades estudiadas se utilizó el análisis de ordenación nMDS (non-metric Multi-Dimensional Scaling), basado en el empleo del índice de similitud de Bray-Curtis (Clarke & Gorley, 2006) y partiendo de una matriz de coberturas medias de especies por localidad.

## RESULTADOS

En este estudio fueron identificados 36 taxones (Tabla 1). Coralinales costosas fue el más abundante, presente prácticamente en todas las muestras, con una cobertura media de  $25,63 \pm 1,31\%$ , y contribuyendo con el 69,70% a la cobertura total. Los siguientes taxones en abundancia fueron: *Lobophora variegata* con una cobertura media de  $3,27 \pm 0,77\%$  y 8,90% de la cobertura total, *Cystoseira* sp. ( $3,23 \pm 0,78\%$  y 8,80%), *Pseudolithoderma adriaticum* ( $1,64 \pm 0,10\%$  y 4,48%), *Jania adhaerens* ( $0,69 \pm 0,12\%$  y 1,89%), *Dictyota pfaffii* ( $0,38 \pm 0,11\%$  y 1,04%), *Canistrocarpus cervicornis* ( $0,33 \pm 0,12\%$  y 0,90%) y filamentosas ( $0,28 \pm 0,06\%$  y 0,78%). El resto de taxones presentaron coberturas muy inferiores.

Los resultados del análisis DistLM reflejaron la existencia de relación significativa entre la cobertura de las especies y todas las variables ambientales consideradas como predictores (Tabla 2). El mayor porcentaje de variación de las comunidades es explicado por las densidades de *Diadema* aff. *antillarum* (22,88%), seguido por la sedimentación (20,42%), y la exposición al oleaje (9,44%). Sustrato y profundidad sólo explicaron el 3,32% y 2,57%, respectivamente (Tabla 2A). Considerando conjuntamente todas las variables, y construyendo un modelo secuencial multivariante, se observó un resultado similar al encontrado al considerar cada variable por separado. Todas las variables fueron significativas, aunque la variación explicada por algunas de ellas disminuyó sensiblemente (Tabla 2B). En conjunto, el modelo de cinco variables considerado explicó un 41.84% de la variación total de los datos (Tabla 2).

**Tabla 1.-** Porcentaje de cobertura media ( $\pm$ error estándar) y contribución a la cobertura total de los taxones identificados en este estudio.

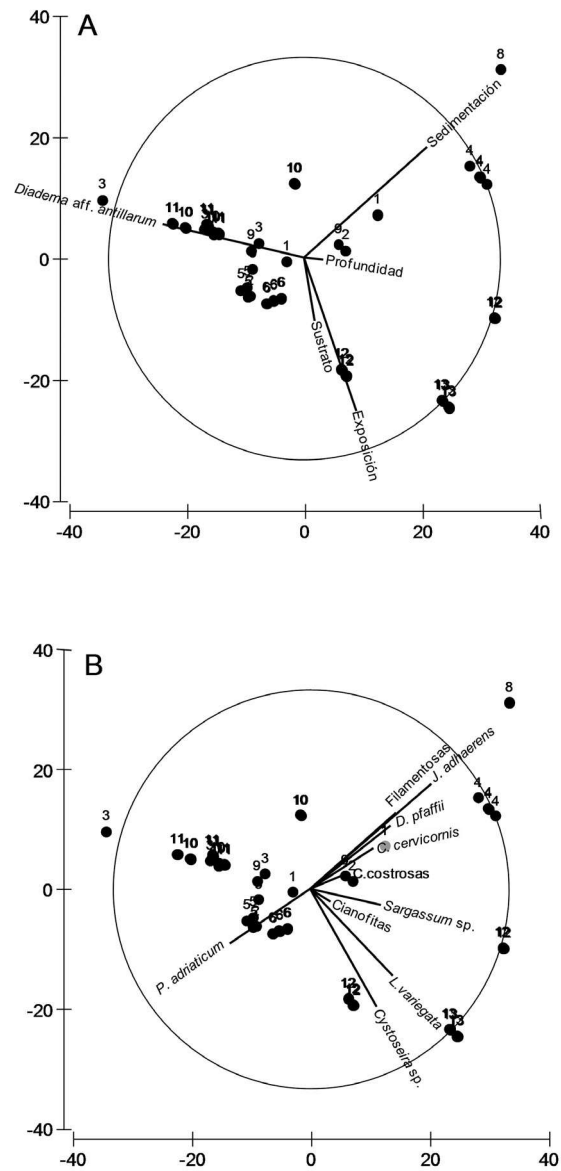
<b>Especies</b>	<b>Media (<math>\pm</math> e.s.)</b>	<b>% contribución</b>
Coralinales costrosas	25,63 $\pm$ 1,31	69,70
<i>Lobophora variegata</i>	3,27 $\pm$ 0,77	8,90
<i>Cystoseira</i> sp.	3,23 $\pm$ 0,78	8,80
<i>Pseudolithoderma adriaticum</i>	1,64 $\pm$ 0,10	4,48
<i>Jania adhaerens</i>	0,69 $\pm$ 0,12	1,89
<i>Dictyota pfaffii</i>	0,38 $\pm$ 0,11	1,04
<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	0,33 $\pm$ 0,12	0,90
Filamentosas	0,28 $\pm$ 0,06	0,78
<i>Sargassum</i> sp.	0,24 $\pm$ 0,08	0,65
Cianofitas	0,21 $\pm$ 0,07	0,59
<i>Cladophora liebethuthii</i>	0,16 $\pm$ 0,09	0,43
<i>Galaxaura rugosa</i>	0,12 $\pm$ 0,07	0,33
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>	0,07 $\pm$ 0,006	0,19
<i>Cystoseira foeniculacea</i>	0,07 $\pm$ 0,04	0,19
<i>Halopteris scoparia</i>	0,07 $\pm$ 0,04	0,19
<i>Spyridia hypnoides</i>	0,05 $\pm$ 0,02	0,15
<i>Amphiroa</i> spp.	0,04 $\pm$ 0,01	0,12
<i>Gelidiopsis intricata</i>	0,02 $\pm$ 0,006	0,07
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	0,02 $\pm$ 0,01	0,07
<i>Dasya hutchinsiae</i>	0,02 $\pm$ 0,01	0,06
<i>Cottoniella filamentosa</i>	0,01 $\pm$ 0,01	0,05
<i>Phymatolithon calcareum</i>	0,01 $\pm$ 0,008	0,04
<i>Lophocladia trichoclados</i>	0,01 $\pm$ 0,01	0,04
<i>Styopodium zonale</i>	0,01 $\pm$ 0,006	0,03
<i>Asparagopsis</i> sp. (esporofito)	0,01 $\pm$ 0,003	0,03
<i>Pterosiphonia pennata</i>	0,01 $\pm$ 0,01	0,03
<i>Corallina elongata</i>	0,01 $\pm$ 0,005	0,02
<i>Hypnea spinella</i>	0,009 $\pm$ 0,004	0,02
<i>Padina pavonica</i>	0,007 $\pm$ 0,002	0,01
<i>Cystoseira abies-marina</i>	0,006 $\pm$ 0,003	0,01
<i>Cystoseira compressa</i>	0,005 $\pm$ 0,005	0,01
<i>Ceramium echionotum</i>	0,003 $\pm$ 0,002	0,01
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	0,003 $\pm$ 0,002	0,01
<i>Herposiphonia secunda</i>	0,001 $\pm$ 0,0008	0,004
<i>Laurencia</i> spp.	0,001 $\pm$ 0,0007	0,002
<i>Caulerpa webbiana</i>	0,0005 $\pm$ 0,0005	0,001

**Tabla 2.-** Resultados del análisis DistLM (distance-based linear model routine). (A) Relación entre variables ambientales consideradas por separado y el conjunto de los datos de cobertura de las especies. (B) Relación entre variables ambientales y el conjunto de los datos de cobertura de las especies integrados en un modelo de regresión múltiple.

<b>(A) Test marginal</b>			
<b>Variable</b>	<b>Pseudo-F</b>	<b>p</b>	<b>% var.</b>
Profundidad	5,01	0,002	2,57
Exposición	19,81	0,0001	9,44
Sedimentación	48,76	0,0001	20,42
Sustrato	6,53	0,0005	3,32
<i>Diadema</i> aff. <i>antillarum</i>	56,39	0,0001	22,88

<b>(B) Test secuencial</b>				
<b>Variable</b>	<b>Pseudo-F</b>	<b>p</b>	<b>% var.</b>	<b>com. % var</b>
<i>Diadema</i> aff. <i>antillarum</i>	56,39	0,0001	22,88	22,88
Sedimentación	26,91	0,0001	9,61	32,49
Exposición	19,28	0,0001	6,27	38,77
Sustrato	6,88	0,0006	2,16	40,94
Profundidad	2,86	0,025	0,89	41,84

El análisis de ordenación dbRDA (Fig. 2) mostró la relación entre las variables ambientales y la cobertura de los diferentes taxones con cada una de las muestras. La densidad de *Diadema* aff. *antillarum* se correlacionó negativamente con el primer eje, mientras que profundidad lo hizo positivamente. Por otro lado, exposición y sustrato aparecieron correlacionados negativamente con el segundo eje. Sedimentación presentó correlación parcial y positiva con ambos ejes. Con respecto a las muestras, muchas aparecieron relacionadas con la densidad de *Diadema* aff. *antillarum*. Las muestras de las localidades 4 y 8 estuvieron correlacionadas con sedimentación, mientras que las de las localidades 12 y 13, con exposición (Fig. 2A). Con respecto a la ordenación de los taxones, se observó que todos ellos (los 10 de mayor cobertura, con la excepción de *Pseudolithoderma adriaticum*) se ordenaron positivamente con el primer eje, oponiéndose su abundancia a la densidad del erizo. Coralinales costrosas, *Jania adhaerens*, *Dictyota pfaffii*, *Canistrocarpus cervicornis* y filamentosas aparecieron relacionadas positivamente con el segundo eje, en el mismo sentido que



**Figura 2.-** Resultados del análisis de ordenación dbRDA (Distance-based redundancy analysis). **A.** Relación entre las muestras y las variables ambientales basada en la cobertura de las especies. **B.** Dirección del incremento de la cobertura de los 10 taxones más abundantes en las comunidades sublitóreas estudiadas. Eje I explicó el 66,5% de la variación del modelo y el 27,8% de la variación total. Eje II explicó el 27,3% de la variación del modelo y el 11,4% de la variación total. Localidades (1-13) según figura 1.



sedimentación. *Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp., *Sargassum* sp. y cianofitas aparecieron negativamente relacionadas con este eje, siguiendo el incremento de exposición al oleaje (Fig. 2B). La mayor parte de las muestras estuvieron correlacionadas negativamente con la cobertura de los principales taxones. Comunidades con coralinales costrosas, *Jania adhaerens*, *Dictyota pfaffii*, *Canistrocarpus cervicornis* y filamentosas se observaron principalmente en las localidades 4 y 8; y comunidades de *Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp. y *Sargassum* sp. en las localidades 12 y 13 (Fig. 2B).

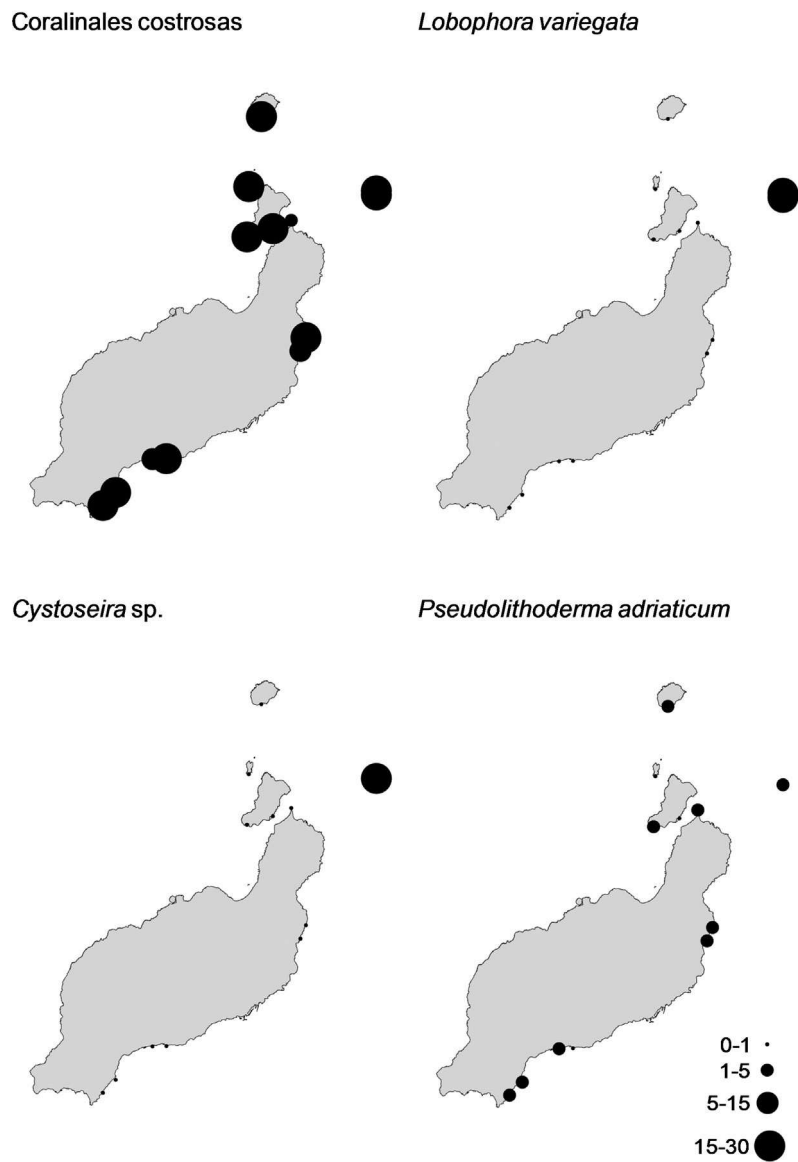
La cobertura media de los taxones reconocidos en cada una de las localidades estudiadas mostró la existencia de grandes diferencias espaciales (Tabla 3). Las coberturas medias de coralinales costrosas oscilaron entre mínimos de 3,90% (localidad 7) y máximos de 58,50% (localidad 10). *Lobophora variegata* estuvo ausente en las localidades 7 y 11 y presentó sus mayores coberturas en las localidades 12 (16,38%) y 13 (24,91%). *Cystoseira* sp. únicamente se registró en las localidades 12 y 13 (8,16% y 39,58%, respectivamente). *Pseudolithoderma adriaticum* no apareció en las localidades 4 y 8, y los valores más elevados de cobertura con 2,91% y 2,68% se obtuvieron en las localidades 7 y 11. *Jania adhaerens* presentó su valor mínimo de 0,01%, (localidad 3) y máximo de 5,02% (localidad 4). *Dictyota pfaffii* no se registró en diferentes localidades, y sus valores más altos de cobertura (4,33%) aparecieron en la localidad 8. *Canistrocarpus cervicornis* sólo fue identificada en la localidad 4 (3,55%). Filamentosas osciló entre 0,01% (localidades 1 y 5), y 2,26% (localidad 8) (Tabla 3, Figs. 3, 4).

También se observaron diferencias entre localidades con relación a la riqueza total, que presentó un valor mínimo de 6 taxones en las localidades 6 y 11, y máximo de 22 en la localidad 4.

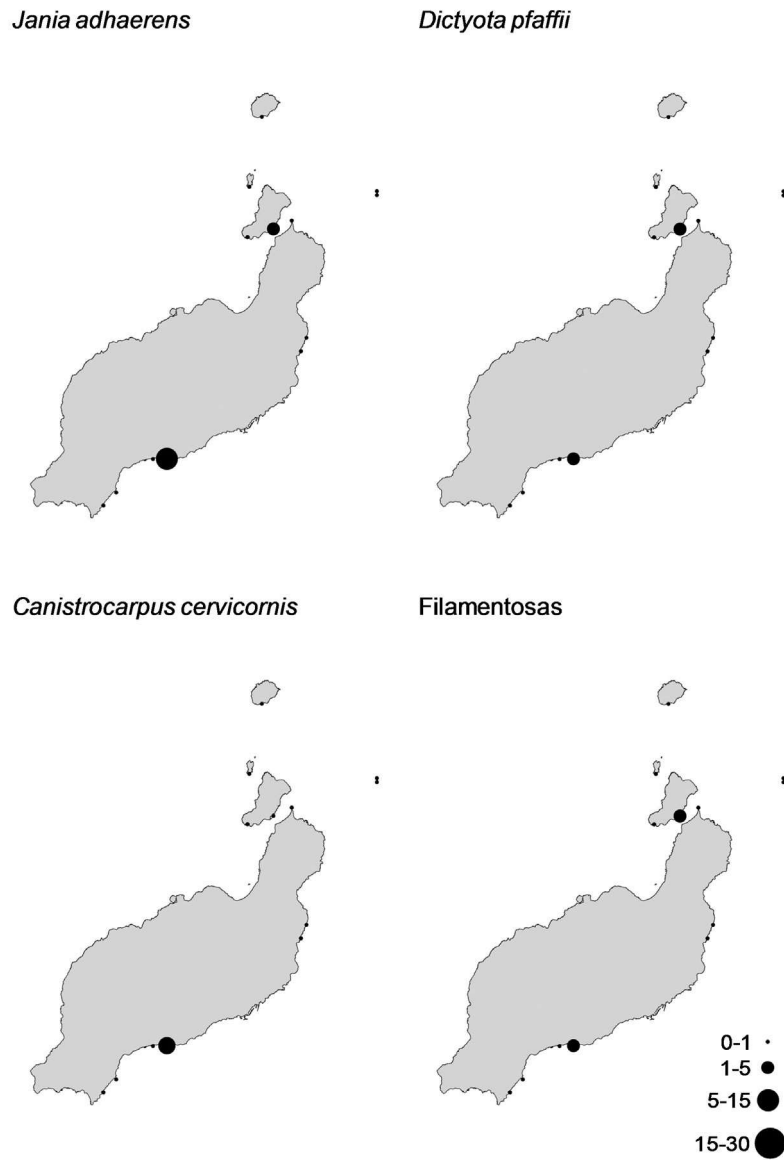
Los resultados del nMDS (Fig. 5) reflejaron una clara ordenación de las localidades de muestreo. La mayor parte de las localidades resultaron agrupadas, excepto las localidades 4 y 8, y las localidades 12 y 13, que formaron grupos separados. El primero, y más numeroso de los grupos, está caracterizado por el dominio de macroalgas con talos costrosos (coralinales costrosas y *Pseudolithoderma adriaticum*), muy escasa presencia de macroalgas erectas y elevada densidad del herbívoro *Diadema* aff. *antillarum*, constituyendo fondos de macroalgas costrosas habitualmente conocidos como blanquizales (Fig. 6). El segundo grupo, localidades 4 y 8, está caracterizado por presentar comunidades donde intervienen numerosas especies, muchas de ellas anuales (*Dictyota* spp., *Canistrocarpus cervicornis*, *Jania adhaerens*, rodofitas filamentosas), en ambientes con una elevada sedimentación (Fig. 7). Finalmente, el tercer grupo (localidades 12 y 13) cuenta con comunidades dominadas por especies perennes (*Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp., *Sargassum* sp.) en ambientes con elevada exposición al oleaje (Fig. 8).



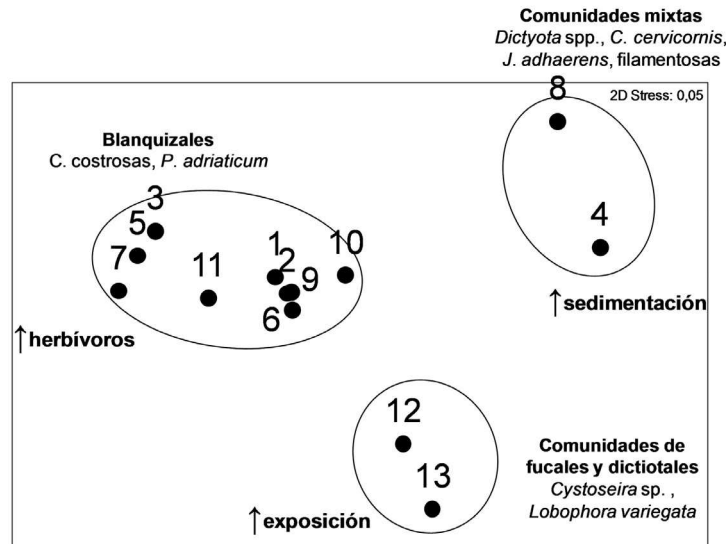
<i>Gelidiopsis intricata</i>	0,008	...	0,01	0,10	0,005	...	0,29	0,03	0,03	...	...	...
<i>Sphaecelaria cirrosa</i>	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0,29	...
<i>Dasya hutchinsiae</i>	...	...	...	0,23	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Cottoniella filamentosa</i>	...	...	...	0,13	...	...	0,23	...	...	...	...	...
<i>Phymatolithon calcareum</i>	...	...	...	...	0,01	...	0,25	...	0,02	...	0,05	...
<i>Lophocladia trichoclados</i>	...	...	...	0,16	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Styopodium zonale</i>	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	0,22
<i>Asparagopsis</i> sp. (esporofito)	...	...	0,005	...	...	0,005	...	...	0,03	...	0,04	0,05
<i>Pterosiphonia pennata</i>	...	...	...	...	...	...	0,36	...	...	...	...	...
<i>Corallina elongata</i>	...	...	...	0,08	...	...	0,08	...	0,005	...	...	...
<i>Hypnea spinella</i>	...	...	...	0,02	...	...	0,20	...	...	...	...	...
<i>Padina pavonica</i>	...	...	...	0,07	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Cystoseira abies-marina</i>	...	...	...	...	...	...	0,08	...	...	...	0,01	0,04
<i>Cystoseira compressa</i>	...	...	...	0,05	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Ceramium echionotum</i>	...	...	...	...	...	...	0,12	...	...	...	...	...
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	...	...	...	0,04	...	...	...	...	...	...	...	...
<i>Herposiphonia secunda</i>	...	...	...	...	...	...	0,05	...	...	...	...	...
<i>Laurencia</i> spp.	...	...	0,005	...	...	...	0,01	...	...	...	...	...
<i>Caulerpa webbiana</i>	...	...	...	...	...	0,005	...	...	...	...	...	...



**Figura 3.-** Representación del porcentaje de cobertura media de coralinales costrosas, *Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp. y *Pseudolithoderma adriaticum* en las localidades estudiadas.



**Figura 4.-** Representación del porcentaje de cobertura media de *Jania adhaerens*, *Dictyota pfaffii*, *Canistrocarpus cervicornis* y filamentosas en las localidades estudiadas.

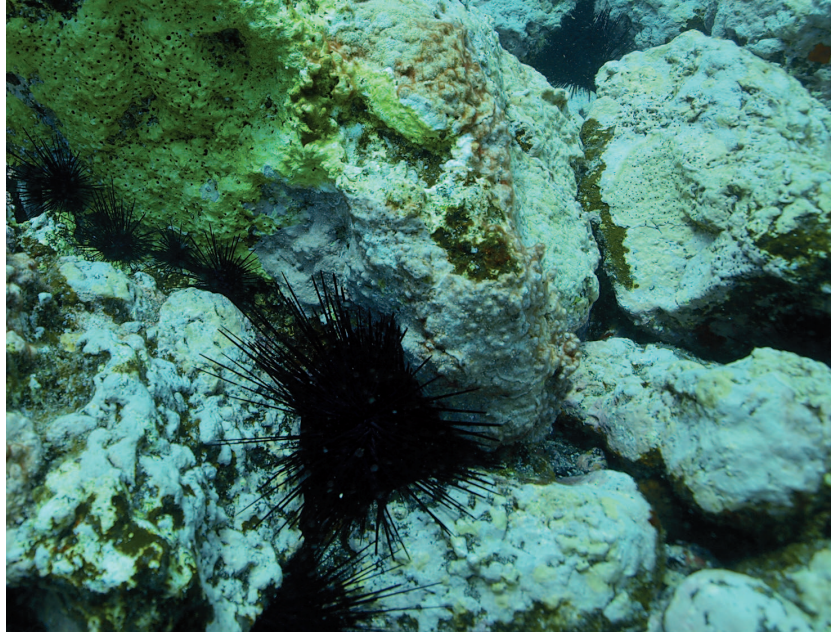


**Figura 5.-** Resultados del análisis de ordenación nMDS (non-metric Multi-Dimensional Scaling) basado en coberturas medias de los taxones en cada una de las localidades de estudio (ver figura 1). Se indica el tipo de comunidad de macroalga y la variable ambiental que explica en mayor medida cada grupo de localidades.

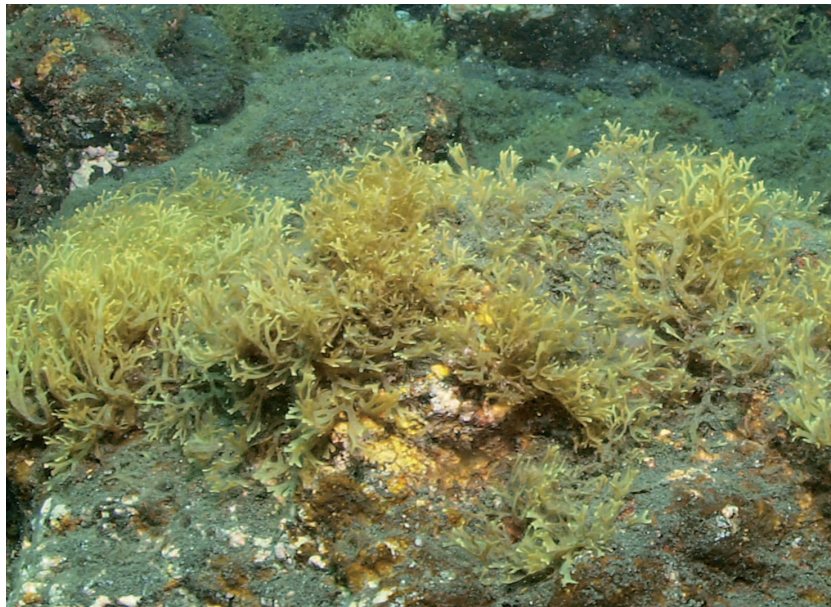
## DISCUSIÓN

La vegetación del sublitoral (5-20 m) de sustratos rocosos de Lanzarote y archipiélago Chinijo está caracterizada por un reducido número de especies de macroalgas. Las macroalgas costrosas (donde se incluyen varias especies de coralinales no identificadas y algunas feofíceas) son los elementos más abundantes, mientras que las formas erectas presentan una limitada cobertura. De los 36 taxones reconocidos en este estudio, coralinales costrosas presenta los porcentajes de cobertura más elevados con aproximadamente el 25% y una contribución a la cobertura total cercana al 70%, y sólo unas pocas especies superan el 1% de cobertura media (*Lobophora variegata*, *Cystoseira* sp., *Pseudolithoderma adriaticum*, *Jania adhaerens* y *Dictyota paffii*).

Entre las variables consideradas, la densidad de *Diadema* aff. *antillarum* muestra la mayor influencia sobre la variabilidad de los datos, seguida por sedimentación y exposición al oleaje, mientras que sustrato y profundidad (en los rangos examinados) resultan factores menos influyentes. Cuando las poblaciones de *Diadema* aff. *antillarum* son elevadas (>2-2,5 erizos/m<sup>2</sup>) la cobertura de las macroalgas erectas y la riqueza se reducen y los fondos pasan a estar dominados por macroalgas costrosas (coralinales costrosas y *Pseudolithoderma adriaticum*), constituyendo los denominados blanquizales (Hernández *et al.*, 2008a,b;

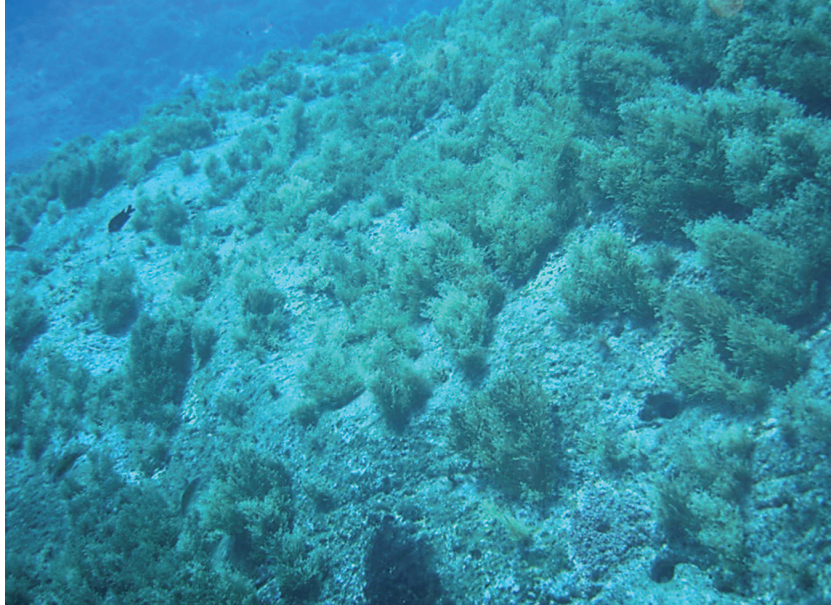


**Figura 6.-** Comunidades de macroalgas costrosas dominando en ambientes con elevadas densidades de *Diadema* aff. *antillarum*.



**Figura 7.-** Comunidades de especies anuales creciendo en ambientes de elevada sedimentación.





**Figura 8.-** Comunidades de perennes dominantes en ambientes expuestos al oleaje.

Sangil *et al.*, 2011b). Esta situación es la que se observa en la mayoría (9 de las 13) de localidades estudiadas, donde las macroalgas costrosas constituyen blanquizales. En comparación con lo observado en blanquizales de otras islas, la cobertura de coralinales costrosas es relativamente baja, lo que es indicativo de la elevada presión ejercida por el erizo, que llega a eliminar gran parte de la cobertura de coralinales costrosas (Sangil, 2011). Esta elevada presión de *Diadema* ha sido previamente documentada para Lanzarote y algunas localidades del archipiélago Chinijo por Hernández *et al.* (2008a,b).

La sedimentación limita las poblaciones de *Diadema* aff. *antillarum* (Hernández *et al.*, 2008b), permitiendo el desarrollo de comunidades de macroalgas erectas. No obstante, la sedimentación también afecta directamente a las macroalgas, y las especies perennes ven limitada su presencia al no poderse adaptar al estrés de la arena. Las comunidades de macroalgas resultantes presentan una mayor riqueza, principalmente debida a la contribución de especies anuales (Sangil *et al.*, 2011b). Entre ellas destacan dictiotáceas (como *Dictyota* spp. y *Canistrocarpus cervicornis*), coralinales articuladas (como *Jania adhaerens*) y diversas ceramiáceas de pequeño tamaño. Entre las localidades estudiadas, estas comunidades de macroalgas anuales son dominantes en Bajón de Puerto del Carmen (Lanzarote) y Caleta del Sebo (La Graciosa). La exposición al oleaje limita las densidades de *Diadema* aff. *antillarum* (Hernández *et al.*, 2008b), pero, a diferencia de lo que sucede con la sedimentación, favorece el desarrollo de comunidades de macroalgas perennes (Sangil *et al.*, 2011b). En este estudio, estas comunidades perennes muestran una distribución limitada a las localidades de Roque del Este, y en ellas los elementos dominantes son *Lobophora variegata* y



las fucales *Cystoseira* sp. y *Sargassum* sp., coincidiendo con las observaciones previas realizadas por Reyes *et al.* (2000) y Cruz-Reyes *et al.* (2004) en otras localidades expuestas del archipiélago Chinijo.

La vegetación sublitoral de fondos rocosos de Lanzarote y archipiélago Chinijo está significativamente condicionada por las poblaciones de *Diadema* aff. *antillarum*, y las comunidades de macroalgas costrosas dominan el sustrato rocoso, lo que contrasta con la vegetación de otras islas, como El Hierro y algunas áreas de La Palma, donde las macroalgas erectas dominan en cobertura (Sangil *et al.*, 2007b, 2011a). La transformación progresiva de fondos de macroalgas erectas hacia fondos de macroalgas costrosas (blanquizales), ligada al incremento de las densidades de *Diadema* aff. *antillarum*, no es un fenómeno reciente sino que ha venido ocurriendo en el archipiélago canario desde hace varias décadas, y que actualmente continúa en expansión. Comparando los datos obtenidos en este estudio en localidades del archipiélago Chinijo con los aportados por Reyes *et al.* (2000), se observa que al cabo de diez años en las comunidades de macroalgas ha ocurrido una marcada reducción de la cobertura de las especies erectas y un aumento de la cobertura de las costrosas. Esta transformación se observa en todas las localidades examinadas, excepto en las del Roque del Este. Entre las especies perennes erectas más afectadas por estos cambios se encuentran las especies de *Cystoseira*, que son especies estructurantes con un elevado valor desde el punto de vista biogeográfico (Sangil *et al.*, 2011b).

#### AGRADECIMIENTOS

Los muestreos de este estudio se realizaron durante la campaña de investigación “Seguimiento de la Reserva Marina de la Graciosa e Islotes al Norte de Lanzarote (año 2005)”, proyecto financiado por la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias y dirigido por Alberto Brito. Agradecemos a este último la oportunidad de participar en el mismo y a los compañeros Laura Martín, Sabrina Clemente, Kilian Toledo, Gustavo González, Óscar Monterroso y Jesús Falcón su incondicional ayuda.

#### BIBLIOGRAFÍA

- BALLESTEROS, E. (1993). Algunas observaciones sobre las comunidades de algas profundas en Lanzarote y Fuerteventura (Islas Canarias). *Vieraea* 22: 17-27.
- BARTON, E.D., J. ARISTEGUI, P. TETT, M. CANTON, J. GARCÍA-BRAUN, S. HERNÁNDEZ-LEÓN, L. NYKJAER, C. ALMEIDA, J. ALMUNIA, S. BALLESTEROS, G. BASTERRETXEA, J. ESCANÉZ, L. GARCÍA-WEILL, A. HERNÁNDEZ-GUERRA, F. LÓPEZ-LAATZEN, R. MOLINA, M.F. MONTERO, E. NAVARRO-PÉREZ, J.M. RODRÍGUEZ, K. VAN LENNING, H. VELEZA & K. WILDA (1998). The transition zone of the Canary Current upwelling region. *Progress in Oceanography* 41: 455-504.
- BIANCHI, C.N., R.J. HAROUN, C. MORRI & P. WIRTZ (2000). The subtidal epibenthic communities of Puerto del Carmen (Lanzarote, Canary Islands). *Arquipelago* 2: 145-155.

- BRAUN, J. & R. MOLINA (1988). El mar, el Atlántico en el área de Canarias. In: vv.aa., *Geografía de Canarias* (2ª Ed). Vol I. Editorial Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife, pp. 18-28.
- BRITO, A., J. FALCÓN, N. AGUIAR & P. PASCUAL (2001). Fauna vertebrada marina. In: Fernández-Palacios, J.M. & J.L. Martín-Ezquivel (Eds.), *Naturaleza de las Islas Canarias: ecología y conservación*. Editorial Turquesa, Santa Cruz de Tenerife, pp. 219-229.
- BRITO, A. & O. OCAÑA (2004). *Corales de las Islas Canarias*. Francisco Lemus Editor. La Laguna, 477 pp.
- CARRACEDO, J.C. (1988). Marco geográfico. In: vv.aa, *Geografía de Canarias* (2ª Ed). Vol I. Editorial Interinsular Canaria, Santa Cruz de Tenerife, pp. 10-16.
- CARRILLO, M. & T. CRUZ (1992). *Estudio de las comunidades marinas y poblaciones faunísticas del litoral del Parque Nacional de Timanfaya (Lanzarote, I. Canarias)*. CajaCanarias Obra Social y Cultural, Premio de Investigación Agustín de Betancourt 1990, Santa Cruz de Tenerife, 223 pp.
- CLARKE, K.R. & R.N. GORLEY (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, Plymouth, 190 pp.
- CRUZ-REYES, A., M.I. PARENTE, N. ALDANONDO-ARIZTIZABAL, M.C. GIL-RODRÍGUEZ & A. MOREIRA-REYES (2004). Resultados de la expedición Macaronesia 2000: flora y vegetación bentónica del parque natural del Archipiélago Chinijo (Islas Canarias). *Revista de la Academia Canaria de Ciencias* 15: 257-278.
- DÍAZ-REYES, G. & F. ESPINO (1998). El Archipiélago Chinijo y Riscos de Famara. *Medio Ambiente Canarias* 7: 3-5.
- GUADALUPE-GONZÁLEZ, M.E., M.C. GIL-RODRÍGUEZ & M.C. HERNÁNDEZ-GONZÁLEZ (1995). *Flora y vegetación marina de Arrecife de Lanzarote*. Fundación César Manrique. Torcusa, Madrid, 269 pp.
- HERNÁNDEZ, J.C., S. CLEMENTE, C. SANGIL & A. BRITO (2008a). Actual status of the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum* populations and macroalgal cover in the Marine Protected Areas comparing to a Highly Fished Area (Canary Islands - Easter Atlantic Ocean). *Aquatic Conservation* 18: 1091-1108.
- HERNÁNDEZ, J.C., S. CLEMENTE, C. SANGIL & A. BRITO (2008b). The key role of *Diadema* aff. *antillarum* (Echinoidea: Diadematidae) throughout the Canary Islands (eastern subtropical Atlantic) in controlling macroalgae assemblages: an spatio-temporal approach. *Marine Environmental Research* 66: 259-270.
- LEGENDRE, P. & M.J. ANDERSON (1999). Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69: 1-24.
- MCARDLE, B.H. & M.J. ANDERSON (2001). Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82: 290-297.
- REYES, J., O. OCAÑA, M. SANSÓN & A. BRITO (2000). Descripción de comunidades bentónicas infralitorales en la Reserva Marina de La Graciosa e islotes del Norte de Lanzarote (islas Canarias). *Vieraea* 28: 137-154.
- SANGIL, C. (2011). *La vegetación sublitoral de sustratos rocosos en las Islas Canarias: estructura, composición y dinámica de las comunidades de macroalgas*. Tesis Doctoral, Universidad de La Laguna, La Laguna, 316 pp.

- SANGIL, C., J. AFONSO-CARRILLO & M. SANSÓN (2007a). Biodiversidad y biogeografía de las macroalgas bentónicas de la isla de La Palma. *Revista de Estudios Generales de La Palma* 3: 457-479.
- SANGIL, C., S. CLEMENTE, J.C. HÉRNÁNDEZ, L. MARTÍN-GARCÍA, A. RODRÍGUEZ, M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2007b). Structure and composition of subtidal seaweed assemblages in the Marine Reserves from Canary Islands: spatial variation and environmental factors. In: Pérez-Ruzafa, A., E. Hoffmann, J. Boncoeur, J.A. García-Charton, C. Marcos, F. Salas, T.K. Sorensen & O. Vestergaard (Eds.), *European Symposium on Marine Protected Areas as a tool for Fisheries Management and Ecosystem Conservation. Emerging Science and Interdisciplinary approaches*. Empafish and Protect projects, Murcia, pp. 272.
- SANGIL, C., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2011a). La vegetación sublitoral de sustratos rocosos en la isla de El Hierro (islas Canarias): relación entre variables ambientales y estructura de las comunidades de macroalgas. *Vieraea* 39: 167-182.
- SANGIL, C., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2011b). Spatial variation patterns of subtidal seaweed assemblages along a subtropical oceanic archipelago: thermal gradient vs. herbivore pressure. *Estuarine Coastal Shelfish Science* 94: 322-333.
- SANSÓN, M., J. REYES, J. AFONSO-CARRILLO (2001). Flora marina. In: Fernández-Palacios, J.M. & J.L. Martín-Ezquivel (Eds.), *Naturaleza de las Islas Canarias: ecología y conservación*. Editorial Turquesa, Santa Cruz de Tenerife, pp. 193-198.
- VIERA-RODRÍGUEZ, M.A. & W. WILDPRET (1986). Contribución al estudio de la vegetación bentónica de la isla de La Graciosa. Canarias. *Vieraea* 16: 211-231.
- WILDPRET, W., M.C. GIL-RODRÍGUEZ & J. AFONSO-CARRILLO (1987). *Cartografía de los campos de algas y praderas de fanerógamas marinas del piso infralitoral del Archipiélago Canario*. Consejería de Agricultura y Pesca, Gobierno de Canarias, La Laguna, 534 pp.