

VIERAEA	Vol. 39	167-182	Santa Cruz de Tenerife, octubre 2011	ISSN 0210-945X
---------	---------	---------	--------------------------------------	----------------

La vegetación sublitoral de sustratos rocosos en El Hierro (islas Canarias): relación entre variables ambientales y estructura de las comunidades de macroalgas

CARLOS SANGIL^{1,2}, MARTA SANSÓN² & JULIO AFONSO-CARRILLO²

¹Área 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

²Departamento de Biología Vegetal (Botánica), Universidad de La Laguna
38071 La Laguna, Tenerife, Islas Canarias

SANGIL, C., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2011). The sublittoral vegetation of rocky substrates in El Hierro (Canary Islands): relationship between environmental variables and structure of seaweed assemblages. *VIERAEA* 39: 167-182.

ABSTRACT: In the present paper, the sublittoral vegetation of rocky substrates (5-20 m depth) in El Hierro and its relationship with environmental parameters are studied. *Lobophora variegata* is the dominant species, with an average cover close to 70%. Another abundant taxa are crustose corallinales, *Canistrocarpus cervicornis*, cyanophytes and *Pseudotetraspora marina*. Sedimentation and wave exposure prevent of monopolization by *Lobophora variegata*, favouring the development of alternative assemblages characterized by a higher diversity. Density of the sea urchin *Diadema* aff. *antillarum* is the factor which less affect the structure of macroalgae assemblages in this island.

Key words: sublittoral macroalgae assemblages, sedimentation, exposition, *Diadema* aff. *antillarum*, *Lobophora variegata*, El Hierro, Canary Islands.

RESUMEN: En el presente trabajo se estudia la vegetación de los sustratos rocosos sublitorales (5-20 m de profundidad) de El Hierro y su relación con diferentes parámetros ambientales. *Lobophora variegata* es la especie dominante, con una cobertura media próxima al 70%. Otros taxones abundantes son coralinales costrosas, *Canistrocarpus cervicornis*, cianofitas y *Pseudotetraspora marina*. La sedimentación y el oleaje impiden la monopolización de *Lobophora variegata*, favoreciendo el desarrollo de comunidades alternativas caracterizadas por una mayor diversidad. La densidad del erizo *Diadema*

aff. *antillarum* es la variable que menos influye en la estructura de las comunidades de la isla.

Palabras clave: comunidades sublitorales de macroalgas, sedimentación, exposición al oleaje, *Diadema* aff. *antillarum*, *Lobophora variegata*, El Hierro, islas Canarias.

INTRODUCCIÓN

La vegetación submarina de sustratos rocosos de la isla de El Hierro es de las menos conocidas del Archipiélago Canario, puesto que los estudios dirigidos a la caracterización de sus comunidades han sido escasos. Afonso-Carrillo (1980) describió los patrones de distribución vertical de las comunidades desde el intermareal a los primeros metros del sublitoral y Wildpret *et al.* (1987) realizaron una cartografía de las comunidades dominantes en el sublitoral somero. Ambos estudios aportaron datos sobre la distribución y abundancia de poblaciones y comunidades de macroalgas. Sin embargo, su flora marina ha sido algo más documentada (Gil-Rodríguez & Wildpret de la Torre, 1980; Audiffred 1985; Reyes & Sansón, 1991; Díaz-Villa *et al.*, 2004).

La vegetación de sustratos rocosos sublitorales de El Hierro tiene particular interés por tres razones fundamentales:

1) Ocupar la isla la posición más alejada dentro del archipiélago canario respecto al afloramiento de aguas frías de la costa africana, lo que proporciona a sus costas unas condiciones oceanográficas singulares. Las aguas de El Hierro, respecto al resto de las islas, son más cálidas y pobres en nutrientes (Braun & Molina, 1988; Barton *et al.*, 1998), por lo que su biota marina muestra afinidad con la de ecosistemas tropicales (Brito *et al.*, 2001; Sangil *et al.*, 2007a, 2011).

2) El predominio en sus fondos de sustratos rocosos frente a los arenosos. La reciente naturaleza geológica de la isla, la más joven del archipiélago (≈ 700 mil años) (Carracedo *et al.*, 2001), hace que la línea de costa y los primeros metros del sublitoral estén escasamente remodelados (Yanes, 1990). Las fuertes pendientes de los fondos someros dificultan los procesos de sedimentación y los lechos de arena a poca profundidad son limitados. Estos fondos suelen ser inestables, y en pocas localidades de la isla se dan las condiciones favorables para permitir el desarrollo de poblaciones de macrófitos (Reyes *et al.*, 1995; Moreira & Acuña, 2009).

3) El buen estado de conservación de sus fondos. La menor densidad de población, el menor número de actividades en el litoral y el empleo de artes de pesca selectivas han permitido la supervivencia de poblaciones de especies clave (determinadas especies de peces) implicadas en el mantenimiento de la funcionalidad de los ecosistemas (Fernández-Palacios & Martín-Esquivel, 2001; Clemente *et al.*, 2010). Debido a esto, El Hierro ha quedado preservado del impacto de las poblaciones del herbívoro *Diadema* aff. *antillarum*, y a diferencia de las otras islas las densidades de este erizo son reducidas, su impacto es localizado y los fondos desprovistos de macroalgas erectas (blanquizales) son poco extensos (Hernández *et al.*, 2008a,b).

El presente trabajo tiene como objetivo documentar la composición y estructura de las principales comunidades de macroalgas en el sublitoral de la isla de El Hierro, donde se encuentra los ecosistemas marinos en mejor estado de conservación de Canarias, mediante un enfoque multivariante para determinar las principales variables ambientales que influyen en la distribución de las comunidades de macroalgas.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio

El Hierro es la isla más occidental del archipiélago canario, tiene una extensión de 269 km² y su longitud de costa es de aproximadamente 106 km. Su costa es acantilada y abrupta, y las plataformas litorales y playas están poco representadas. La plataforma sublitoral tiene limitada extensión y comunica rápidamente con el talud insular. Los fondos son fundamentalmente rocosos y poseen una notable pendiente (Yanes, 1990; Carracedo *et al.*, 2001). Las condiciones oceanográficas de las aguas de la isla se sitúan en el extremo de un gradiente longitudinal oeste-este a lo largo del archipiélago. La temperatura de sus aguas es de media 1,5 a 2°C superior a la de las islas orientales, más afectadas por el afloramiento de la costa africana. Las aguas son oligotróficas y las temperaturas varían entre 18°C de marzo-abril y los 25°C de septiembre-octubre (Braun & Molina, 1988; Barton *et al.*, 1998). El oleaje predominante es de componente norte-nordeste, componente que sólo se ve alterado en los meses invernales, cuando se aproximan a la isla las borrascas atlánticas que provocan mar de fondo de dirección noroeste y oeste (Braun & Molina, 1988).

Muestras

Los muestreos fueron realizados en septiembre de 2005 en 14 localidades repartidas por el litoral de la isla (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 usando una cuadrícula de 25x25 cm (subdividida en cuadrículas de 5x5 cm). En total se obtuvieron 252 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 corallinales costrosas, rodófitas 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 de *Diadema* aff. *antillarum* se utilizaron tres transectos de 10x2 m de ancho para cada uno de los niveles de profundidad (Hernández *et al.*, 2008a,b). 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,

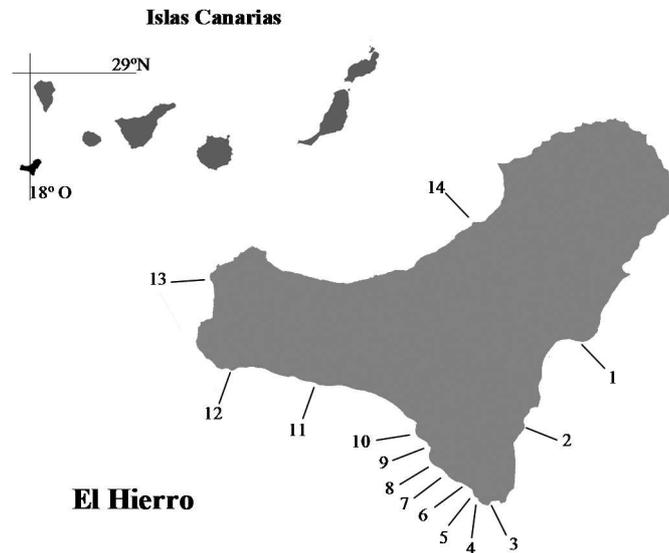


Figura 1.- Situación de las localidades estudiadas en El Hierro. 1. Roque de la Bonanza; 2. Roque de los Joraditos; 3. La Herradura; 4. Cueva de los Frailes; 5. Punta de los Frailes; 6. La Gabarra; 7. Roque Chico; 8. Las Cañas; 9. Las Lapillas; 10. Tacorón; 11. Punta de la Palometa; 12. Laja de Orchilla, 13. Baja de Anacón; 14. Punta Grande.

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].

Análisis de datos

La relación entre la cobertura de las diferentes especies y las variables ambientales fue analizada mediante CCA (Análisis canónico de correspondencias). Previamente a la utilización de este método, los datos fueron explorados inicialmente mediante DCA (Análisis de correspondencias sin tendencias) (Ter Braak & Šmilauer, 1998), con el objeto de estimar la longitud de los gradientes. El CCA puede ser utilizado cuando la desviación estándar del gradiente principal del DCA es superior a 3. Valores superiores a 3 confirman la relación lineal o unimodal entre las variables ambientales y la mayoría de las especies (Hill & Gauch, 1980). En nuestro caso, la desviación estándar del gradiente fue de 3,93, permitiendo la aplicación del CCA a los datos. Además, se realizaron correlaciones de Spearman (Sokal & Rolf, 1995) para estudiar la relación entre las variables ambientales y las diez especies de macroalgas de mayores coberturas.

El análisis multivariante clúster fue utilizado para la identificación de grupos de muestras, usando el índice de similitud de Bray-Curtis entre las muestras. Para la clasificación

de muestras se utilizaron métodos jerárquicos mediante la opción de linajes de grupos de medias (Sokal & Rohlf, 1995; Clarke & Gorley, 2006). Para cada uno de los clúster identificados se estimó el perfil de diversidad utilizando las curvas de k-dominancia (Lambhead *et al.*, 1983). El propósito de esta representación es la de extraer información sobre los patrones de abundancia y dominancia relativa de especies.

RESULTADOS

Un total de 39 taxones de macroalgas bentónicas fue reconocido en este trabajo. La cobertura media y la frecuencia de cada uno de ellos se recoge en la Tabla 1. *Lobophora variegata* fue la especie más abundante, con una cobertura media de 69,72% y una frecuencia de aparición en las muestras de 85,71%. Tras esta especie los taxones más abundantes fueron coralinales costrosas (8,24% cobertura media; 79,36% frecuencia), *Canistrocarpus cervicornis* (2,51% y 49,90%), cianofitas (1,49% y 61,90%) y *Pseudotetraspora marina* (1,40% y 35,31%). El resto de las especies presentaron coberturas inferiores al 1% (Tabla 1).

Los resultados del CCA muestran como las variables ambientales consideradas influyen de forma diferente sobre las especies estudiadas (Fig. 2). El punto donde se localizan las especies y su relación con las variables ambientales refleja la influencia relativa de cada una de ellas. El resumen del análisis, con la varianza explicada para cada uno de los ejes y la acumulada, se muestra en la Tabla 2. La sedimentación es la variable más importante en el modelo, llegando a explicar el 34,6% de la variación de los datos, seguida del tipo de sustrato (13,9%) y la exposición al oleaje (11,1%). Menor influencia presentan la pendiente (8,8%) y la rugosidad del sustrato (8,8%), mientras que la profundidad en las cotas estudiadas (5,3%) y las densidades de *Diadema* aff. *antillarum* (3,2%) son las variables de menor importancia (Tabla 3). El análisis canónico de correspondencias (Fig. 2), muestra que las especies *Pseudotetraspora marina*, *Halopteris scoparia*, *Corallina elongata*, *Gelidiopsis intricata*, *Acrosymphyton purpuriferum* y *Liagora ceranoides* alcanzan mayor desarrollo en condiciones de elevada sedimentación. Otras especies, como *Canistrocarpus cervicornis*, *Amphiroa* spp., *Jania adhaerens*, *Padina pavonica*, *Cystoseira compressa*, *Ernodesmis verticillata*, *Hydroclathrus clathratus* y *Dictyota pfaffii*, muestran elevadas coberturas en los sustratos inestables (piedras de menor tamaño). Las coberturas de *Cystoseira abies-marina*, *Stytopodium zonale*, *Dictyota* sp. y *Pseudochlorodesmis furcellata* se relacionan con la mayor exposición al oleaje. *Lobophora variegata*, cianofitas, *Dasya baillouviana* y *Dictyota dichotoma*, entre otras, son abundantes en ambientes de poca sedimentación y baja exposición al oleaje, así como en sustratos estables (plataformas rocosas) (Fig. 2).

Las correlaciones de Spearman (Tabla 4) reflejan la relación de los diez taxones más abundantes con las variables de estudio. La cobertura de *Lobophora variegata* presenta correlación negativa con el incremento de la sedimentación, la inestabilidad del sustrato, y el aumento de exposición; mientras que la correlación es positiva con los incrementos de pendiente y rugosidad. Coralinales costrosas incrementa su cobertura al aumentar la sedimentación, la inestabilidad del sustrato, la exposición y la pendiente; disminuyendo su cobertura con la rugosidad. *Canistrocarpus cervicornis* evidencia correlación positiva con sedimen-

Tabla 1.- Porcentaje de cobertura media (\pm desviación estándar) y frecuencia de los taxones identificados en este trabajo.

Especies	% Cobertura	Frecuencia
Cyanophyta		
Cianofitas	1,49 \pm 2,79	61,90
Rhodophyta		
<i>Acrosymphyton purpuriferum</i>	0,003 \pm 0,06	0,39
<i>Amphiroa</i> spp.	0,30 \pm 0,86	19,84
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	0,26 \pm 1,65	8,73
Coralinales costrosas	8,24 \pm 13,49	79,36
<i>Corallina elongata</i>	0,01 \pm 0,05	5,15
<i>Cottoniella filamentosa</i>	0,37 \pm 2,05	11,90
<i>Dasya baillouviana</i>	0,05 \pm 0,60	1,19
Filamentosas	0,29 \pm 1,08	36,90
<i>Gelidiopsis intricata</i>	0,05 \pm 0,35	6,34
<i>Hypnea spinella</i>	0,0003 \pm 0,006	0,39
<i>Jania adhaerens</i>	0,88 \pm 2,49	61,11
<i>Jania pumila</i>	0,04 \pm 0,35	3,96
<i>Laurencia</i> sp.	0,0003 \pm 0,006	0,39
<i>Liagora ceranoides</i>	0,001 \pm 0,031	0,39
<i>Liagora tetrasporifera</i>	0,005 \pm 0,04	2,77
<i>Lophocladia trichoclados</i>	0,06 \pm 0,69	2,38
<i>Mesophyllum canariense</i>	0,003 \pm 0,06	0,39
<i>Wrangelia penicillata</i>	0,01 \pm 0,19	3,17
Phaeophyceae		
<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	2,51 \pm 5,90	49,20
<i>Cystoseira abies-marina</i>	0,03 \pm 0,17	4,76
<i>Cystoseira compressa</i>	0,04 \pm 0,27	5,55
<i>Dictyota crenulata</i>	0,04 \pm 0,25	3,17
<i>Dictyota dichotoma</i>	0,008 \pm 0,06	1,98
<i>Dictyota paffii</i>	0,18 \pm 0,67	18,65
<i>Dictyota</i> sp.	0,007 \pm 0,07	2,38
<i>Halopteris scoparia</i>	0,005 \pm 0,07	0,79
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	0,01 \pm 0,08	1,98
<i>Lobophora variegata</i>	69,72 \pm 37,83	85,71
<i>Padina pavonica</i>	0,005 \pm 0,03	2,77
<i>Sargassum</i> sp1.	0,18 \pm 0,50	23,80
<i>Sargassum</i> sp2.	0,0009 \pm 0,01	0,39
<i>Stypopodium zonale</i>	0,23 \pm 1,48	3,57
Chlorophyta		
<i>Caulerpa racemosa</i>	0,001 \pm 0,03	0,39
<i>Cladophora liebetruithii</i>	0,003 \pm 0,03	1,58
<i>Ernodesmis verticillata</i>	0,002 \pm 0,03	0,79
<i>Microdictyon calodictyon</i>	0,0009 \pm 0,01	0,39
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>	0,01 \pm 0,07	13,49
<i>Pseudotetraspora marina</i>	1,40 \pm 4,01	35,31

Tabla 2.- Resumen del análisis canónico de correspondencia (CCA). Autovalores y correlación entre especies y variables ambientales para los cuatro primeros ejes del análisis.

Ejes	1	2	3	4
Autovalores	0,376	0,117	0,061	0,036
Correlación especies-variables	0,889	0,760	0,637	0,532
Porcentaje variación explicado:				
especies	13,5	17,7	19,9	21,2
relación especies-variables	59,8	78,4	88,0	93,7

Tabla 3.- Estadísticos de la relación entre especies y conjunto de variables de estudio obtenidos a partir del test de permutación de Monte Carlo.

Variables	Lambda A	P-valor	F-ratio
Sedimentación	0,346	0,002	35,483
Sustrato	0,139	0,002	13,145
Exposición	0,111	0,002	10,348
Pendiente	0,088	0,002	8,188
Rugosidad	0,088	0,002	8,828
Profundidad	0,053	0,002	4,882
<i>D. aff. antillarum</i>	0,032	0,016	2,915

Tabla 4.- Correlaciones de Spearman entre variables ambientales y los 10 taxones más abundantes en el estudio. (** = $p < 0,01$, * = $p < 0,05$).

	Sedimentación	Sustrato	Exposición	Pendiente	Rugosidad	Profundidad	<i>Diadema aff. antillarum</i>
<i>Lobophora variegata</i>	-0,60**	-0,37**	-0,39**	0,17**	0,49**	-0,04	0,17
Coralinales costrosas	0,14*	0,15*	0,49**	0,11	-0,31**	0,03	-0,06
<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	0,63**	0,44**	-0,03	-0,36**	-0,32**	-0,02	-0,21**
Cianofitas	-0,30**	-0,29**	-0,10	0,19**	0,05	-0,04	-0,07
<i>Pseudotetraspora marina</i>	0,58**	-0,08	-0,14*	-0,20**	-0,17**	0,26**	-0,33**
<i>Jania adhaerens</i>	0,62**	0,36**	0,29**	-0,21**	-0,49**	0,10	-0,16**
<i>Cottoniella filamentosa</i>	0,34**	-0,01	-0,18**	-0,22**	-0,05	0,19**	-0,19**
<i>Amphiroa</i> spp.	0,74**	0,51**	0,01	-0,32**	-0,39**	0,03	-0,28**
Filamentosas	0,35**	0,15*	0,35**	-0,12	-0,27**	0,14	0,030
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	-0,005	-0,05	0,17**	-0,03	-0,01	0,01	0,08

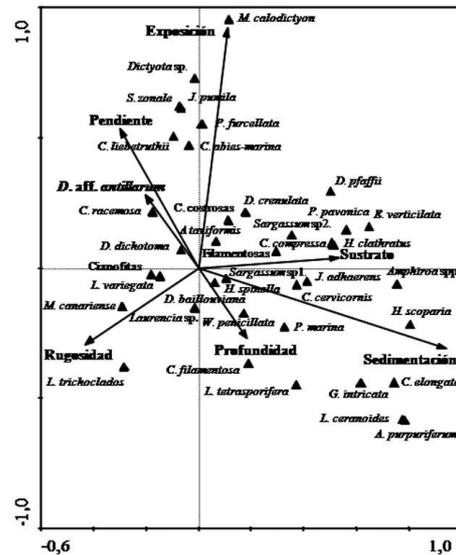


Figura 2.- Análisis de correspondencia canónica (CCA) del conjunto de los 39 taxones identificados en las comunidades sublitorales de El Hierro y su relación con las variables ambientales consideradas en este estudio.

tación e inestabilidad del sustrato, y negativa con pendiente, rugosidad y densidad de *Diadema aff. antillarum*. Cianofitas muestran correlación negativa con sedimentación y sustrato, y positiva con pendiente. *Pseudotetraspora marina* registra correlación positiva con sedimentación y profundidad, y negativa con exposición, pendiente, rugosidad, profundidad y densidad de *Diadema aff. antillarum*. Para *Jania adhaerens* se registra correlación positiva con sedimentación, sustrato y exposición, y negativa con pendiente, rugosidad y densidad de erizo. *Cotoniella filamentosa* presenta correlación positiva con sedimentación y profundidad, y negativa con exposición, pendiente y densidad de erizo. *Amphiroa* spp. se correlaciona positivamente con sedimentación y sustrato, y negativamente con pendiente, rugosidad y densidad de erizo. Filamentosas tiene correlación positiva con sedimentación, sustrato y exposición, y negativa con rugosidad. Finalmente, *Asparagopsis taxiformis* muestra correlación positiva con exposición (Tabla 4).

El análisis clúster (Fig. 3) reconoce cuatro grupos de muestras, con una similitud entre ellas superior al 50%. El grupo I lo constituyen muestras de ambientes someros (<15 m de profundidad), con sustratos estables (plataformas rocosas y grandes bloques), semi-protegidos del oleaje y con reducida sedimentación, pendiente, rugosidad y densidades de *Diadema aff. antillarum*. Las especies dominantes son *Lobophora variegata*, *Canistrocarpus cervicornis*, coralinales costrosas y *Dasya baillouiana* (Tabla 5). El grupo II está constituido por muestras de plataformas y rocas de moderada a elevada exposición al oleaje y pendiente, con poca sedimentación y baja rugosidad. Las especies representativas son coralinales costrosas, *Lobophora variegata*, cianofitas y *Dictyota pfaffi*. El grupo III agrupa

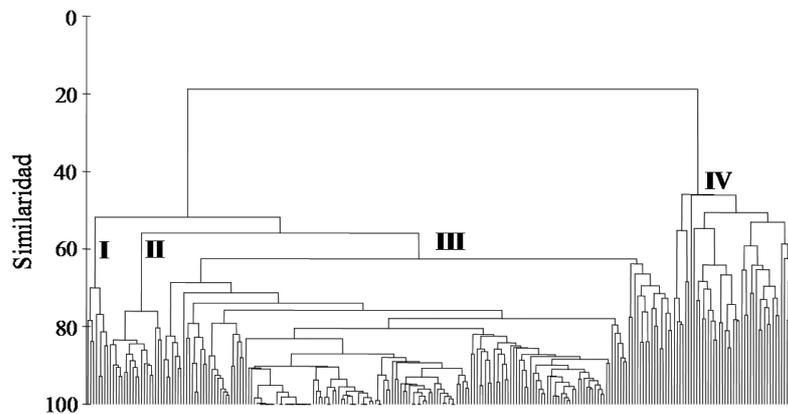


Figura 3.- Resultados del análisis multivariante clúster, utilizando el índice de similaridad de Bray-Curtis entre las muestras.

a muestras de ambientes de semiprottegidos a expuestos, de baja a media sedimentación, y de moderada pendiente y rugosidad. En estos ambientes *Lobophora variegata* alcanza su mayor desarrollo. Otros taxones importantes son coralinales costrosas y cianofitas. El grupo IV reúne los ambientes de mayor sedimentación, incluye plataformas y rocas semiprottegidas y semiexpuestas al oleaje, de pendiente moderada y baja rugosidad. Las especies dominantes son coralinales costrosas, *Canistrocarpus cervicornis*, *Pseudotetraspora marina*, *Jania adhaerens*, *Amphiroa* spp. y filamentosas (Tabla 5). Las curvas de k-dominancia (Fig. 4), que

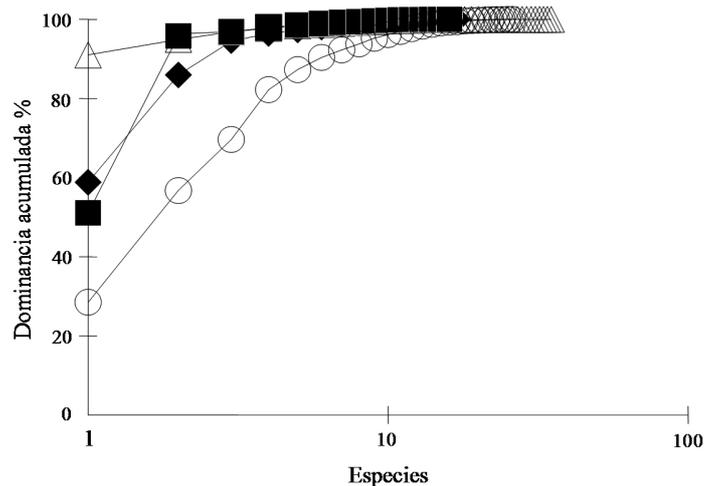


Figura 4.- Resultados de las curvas de k-dominancia: ♦ grupo I, ■ grupo II, Δ grupo III, ○ grupo IV.

Tabla 5.- Cobertura media (\pm desviación estándar) de los taxones en cada uno de los grupos y valores de las variables ambientales.

Variables	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
Sedimentación	5-50 %	0-25%	0-50%	50-100%
Tipo de sustrato	Plataforma, bloques,	Plataforma, piedras	Plataforma, bloques, piedras	Plataforma, piedras
Exposición	Semiprotegido	Muy expuesto Semiexpuesto	Semiprotegido Semiexpuesto Expuesto	Semiprotegido Semiexpuesto
Pendiente	0-25%	25-75%	5-50%	0-50%
Rugosidad	5-25%	5-25%	0-75%	0-25%
Profundidad	5-10 10-15 m	5-10 10-15 15-20 m	5-10 10-15 15-20 m	5-10 10-15 15-20 m
<i>Diadema antillarum</i> .m ²	0,06 \pm 0,07	0,12 \pm 0,10	0,19 \pm 0,37	0,06 \pm 0,05
Especies				
Cyanophyta				
Cianofitas	0,03 \pm 0,04	1,02 \pm 0,91	1,94 \pm 3,16	0,16 \pm 0,31
Rhodophyta				
<i>Acrosymphyton purpuriferum</i>	...	...	...	0,02 \pm 0,15
<i>Amphiroa</i> spp.	0,44 \pm 0,65	...	0,001 \pm 0,01	1,68 \pm 1,40
<i>Asparagopsis taxiformis</i>	0,19 \pm 0,53	0,55 \pm 1,64	0,24 \pm 1,73	0,30 \pm 1,47
Coralinales costrosas	4,88 \pm 4,67	48,17 \pm 9,38	3,92 \pm 5,10	9,42 \pm 11,25
<i>Corallina elongata</i>	0,03 \pm 0,04	...	0,001 \pm 0,07	0,06 \pm 0,13
<i>Cottoniella filamentosa</i>	0,03 \pm 0,08	...	0,40 \pm 2,26	0,48 \pm 1,77
<i>Dasya baillouviana</i>	1,13 \pm 3,18	...	0,02 \pm 0,22	0,05 \pm 0,30
Filamentosas	0,04 \pm 0,05	0,20 \pm 0,34	0,14 \pm 0,79	1,01 \pm 1,87
<i>Gelidiopsis intricata</i>	0,01 \pm 0,03	0,01 \pm 0,02	0,01 \pm 0,15	0,26 \pm 0,77
<i>Hypnea spinella</i>	...	...	0,001 \pm 0,007	...
<i>Jania adhaerens</i>	0,49 \pm 0,64	0,24 \pm 0,45	0,17 \pm 0,45	4,17 \pm 4,67
<i>Jania pumila</i>	...	...	0,07 \pm 0,41	...
<i>Laurencia</i> sp.	...	...	0,001 \pm 0,007	...
<i>Liagora ceranoides</i>	...	...	...	0,01 \pm 0,07
<i>Liagora tetrasporifera</i>	...	...	0,004 \pm 0,04	0,01 \pm 0,05
<i>Lophocladia trichoclados</i>	...	...	0,10 \pm 0,81	...

Especies	Grupo I	Grupo II	Grupo III	Grupo IV
<i>Mesophyllum canariense</i>	...	...	0,01 ± 0,07	...
<i>Wrangelia penicillata</i>	...	...	0,02 ± 0,22	0,01 ± 0,05
Phaeophyceae				
<i>Canistrocarpus cervicornis</i>	15,50 ± 5,29	0,17 ± 0,68	0,54 ± 1,29	9,34 ± 9,70
<i>Cystoseira abies-marina</i>	...	0,12 ± 0,25	0,03 ± 0,19	...
<i>Cystoseira compressa</i>	0,06 ± 0,11	...	0,01 ± 0,05	0,21 ± 0,62
<i>Dictyota crenulata</i>	...	...	0,03 ± 0,19	0,13 ± 0,47
<i>Dictyota dichotoma</i>	0,13 ± 0,23	...	0,01 ± 0,05	...
<i>Dictyota pfaaffii</i>	0,04 ± 0,05	1,01 ± 1,16	0,001 ± 0,01	0,64 ± 1,20
<i>Dictyota</i> sp.	...	0,02 ± 0,03	0,01 ± 0,08	...
<i>Halopteris scoparia</i>	...	...	...	0,03 ± 0,16
<i>Hydroclathrus clathratus</i>	...	...	0,01 ± 0,07	0,05 ± 0,14
<i>Lobophora variegata</i>	33,63 ± 19,91	42,16 ± 12,25	91,11 ± 13,66	0,23 ± 0,66
<i>Padina pavonica</i>	...	...	0,001 ± 0,007	0,03 ± 0,07
<i>Sargassum</i> sp1.	0,42 ± 0,30	0,39 ± 0,34	0,08 ± 0,32	0,50 ± 0,91
<i>Sargassum</i> sp2.	...	...	0,001 ± 0,019	...
<i>Styopodium zonale</i>	...	...	0,33 ± 1,74	...
Chlorophyta				
<i>Caulerpa racemosa</i>	...	...	0,001 ± 0,03	...
<i>Cladophora liebetruthii</i>	...	0,01 ± 0,03	0,001 ± 0,04	...
<i>Ernodesmis verticillata</i>	...	...	0,001 ± 0,007	0,01 ± 0,07
<i>Microdictyon calodictyon</i>	...	0,01 ± 0,05	...	...
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>	...	0,14 ± 0,22	0,01 ± 0,02	0,01 ± 0,02
<i>Pseudotetraspora marina</i>	0,15 ± 0,34	0,06 ± 0,10	0,91 ± 3,43	4,26 ± 5,86
Total	57,16 ± 20,25	94,28 ± 6,09	100,13 ± 10,94	33,06 ± 12,79

representan los niveles de dominancia en los grupos obtenidos del análisis clúster, muestran que la curva correspondiente al grupo IV es pronunciada, lo que refleja la mayor diversidad de la comunidad. Las curvas que muestran los grupos I y II son intermedias, mientras que la del grupo III es poco pronunciada, lo que refleja la dominancia de las comunidades por una o muy pocas especies, en nuestro caso la monopolización por *Lobophora variegata* (Figs. 4 y 5).



Figura 5.- Aspecto general de poblaciones de *Lobophora variegata*.

DISCUSIÓN

La vegetación de fondos rocosos sublitorales someros (5-20 m de profundidad) de la isla de El Hierro se caracteriza por estar dominada y en muchas ocasiones prácticamente monopolizada por *Lobophora variegata* (Dictyotales, Dictyotaceae). Esta especie presenta una cobertura media cercana al 70%, y en ocasiones puede superar el 90%. Los demás taxones muestran coberturas significativamente inferiores y sólo coralinales costrosas, *Canistrocarpus cervicornis*, cianofitas y *Pseudotetraspora marina* superan valores medios del 1%.

Las comunidades de macroalgas del sublitoral somero de El Hierro difieren significativamente de las de las otras islas del archipiélago canario (Sangil *et al.*, 2011). Estas diferencias están basadas fundamentalmente en la mayor cobertura de *Lobophora variegata* y en la menor cobertura de coralinales costrosas. Las mayores coberturas de *L. variegata* en El Hierro pueden ser debidas a que las aguas de esta isla son las más cálidas del archipiélago. *L. variegata* es una especie de distribución tropical y subtropical (Guiry & Guiry, 2011), alcanzando sus poblaciones en los trópicos un gran desarrollo (Ruyter van Steveninck & Breeman, 1987; Vroom & Page, 2006). No obstante, la mayor cobertura

de esta especie junto con la menor mostrada por coralinales costrosas también está relacionado con la escasa presión ejercida por las bajas densidades de *Diadema* aff. *antillarum*. Grandes extensiones de roca cubiertas por *Lobophora variegata* están presentes también en otros lugares del archipiélago, como sucede en el sur de la isla de La Palma (Sangil *et al.*, 2007b, 2010).

Mientras que en el resto de las islas del archipiélago canario la densidad de *Diadema* aff. *antillarum* constituye el principal factor que determina la variación en la estructura de las comunidades de macroalgas (Sangil *et al.*, 2011), en El Hierro el principal factor es la sedimentación. Las densidades medias de este herbívoro en El Hierro son muy inferiores a 2,5 erizos.m⁻², cifra a partir de la cual las comunidades de macroalgas erectas comienzan su transformación hacia comunidades de macroalgas costrosas, conocidas como blanquiales (Hernández *et al.*, 2008b; Sangil *et al.*, 2011).

En condiciones de reducida sedimentación, baja exposición al oleaje, y sustratos rocosos como plataformas y bloques (estabilidad ambiental), las poblaciones de *Lobophora variegata* alcanzan su máximo desarrollo constituyendo comunidades de reducida diversidad. La mayor parte de las muestras estudiadas presentan estas características y están agrupadas en el Grupo III (ver Fig. 3, Tabla 5). Sin embargo, ha sido bien documentado que incrementos en la sedimentación y exposición, así como cambios en la estabilidad del sustrato, generan heterogeneidad ambiental, provocando la reducción de la cobertura de las especies dominantes y el aumento de la diversidad por la intervención de otras especies (Davis & Wilce, 1987; Airoidi, 2003; Golberg & Kendrick, 2004).

En los ambientes con elevada sedimentación (>50% de la roca cubierta por la arena), y coincidiendo en ocasiones con los sustratos menos estables (piedras y callaos), se alcanza la mayor diversidad. Estas muestras, que constituyen el Grupo IV (Fig. 3, Tabla 5), reúnen comunidades en las que intervienen numerosas especies, entre las que destacan por su cobertura coralinales costrosas, *Canistrocarpus cervicornis*, *Pseudotetraspora marina*, *Jania adhaerens*, *Amphiroa* spp., filamentosas, *Halopteris scoparia*, *Gelidiopsis intricata* y *Padina pavonica*. Aunque *Lobophora variegata* está presente en estos ambientes, su cobertura es muy baja y no supera el 1%.

Los ambientes de mayor exposición al oleaje en los que la sedimentación es reducida y la pendiente es relativamente alta, quedan reunidos en el Grupo II (Fig. 3, Tabla 5). En estas muestras dominan coralinales costrosas con coberturas medias cercanas al 50%. *Lobophora variegata* también es abundante y presenta coberturas medias ligeramente superiores al 40%. Además son frecuentes cianofitas y especies de *Dictyota*, así como algunos elementos típicos de ambientes expuestos como *Cystoseira abies-marina*, *Styopodium zonale*, *Asparagopsis taxiformis* y *Pseudochlorodesmis furcellata* (Sangil *et al.*, 2011).

Finalmente, un reducido número de muestras (Grupo I) representan ambientes poco profundos con escasa exposición, en los que los sustratos estables tienen escasa pendiente y valores medios de sedimentación (Fig. 3, Tabla 5). En estos ambientes someros, la cobertura de *Lobophora variegata* no es muy elevada (≈30%), y otra dictyotacea, *Canistrocarpus cervicornis*, interviene de forma notable, junto a coralinales costrosas, *Dasya baillouviana*, *Jania adhaerens*, *Sargassum* sp1., y *Amphiroa* spp.

En conclusión, los fondos rocosos de la isla de El Hierro han permitido examinar y determinar la variación de la estructura de las comunidades de macroalgas en ausencia de

presión de herbívoros. En esta isla, a diferencia de lo que sucede en el resto del archipiélago canario, las bajas densidades del erizo *Diadema* aff. *antillarum* están relacionadas con la abundancia de sus peces predadores (Clemente *et al.*, 2011). En estas circunstancias, la sedimentación es el principal factor que explica la variación en las comunidades de macroalgas, y en menor medida otras variables como sustrato, exposición, pendiente y rugosidad. Las cotas de profundidad estudiadas (5-20 m) han mostrado escasa influencia en esta variación.

AGRADECIMIENTOS

Los muestreos de este estudio se realizaron en el contexto de la campaña de seguimiento de la Reserva Marina Mar de Las Calmas-Punta Restinga (año 2005), proyecto financiado por la Viceconsejería de Pesca del Gobierno de Canarias. Agradecemos a Alberto Brito la invitación a participar en esta campaña de investigación. Reconocemos también la estimable ayuda que nos prestaron Sabrina Clemente, Adriana Rodríguez, Kilian Toledo, Gustavo González, Jesús Falcón y Óscar Monterroso durante el desarrollo de los muestreos.

BIBLIOGRAFÍA

- AFONSO-CARRILLO, J. (1980). Algunas observaciones sobre la distribución vertical de las algas en la isla de El Hierro (Canarias). *Vieraea* 10: 3-16.
- AIROLDI, L. (2003). The effects of sedimentation on rocky coast assemblages. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review* 41: 161-236.
- AUDIFFRED, P.A.J. (1985). Marine algae of El Hierro (Canary Islands). *Vieraea* 14: 157-183.
- BARTON, E.D., J. ARISTEGUI, P. TETT, M. CANTON, J. GARCÍA-BRAUN, S. HERNÁNDEZ-LEÓN, L. NYKJAER, C. ALMEIDA, J. ALMMUNIA, 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.
- 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-Esquivel (Eds.), *Naturaleza de las Islas Canarias: ecología y conservación*. Editorial Turquesa, Santa Cruz de Tenerife, pp. 219-229.
- CARRACEDO, J.C., E. RODRÍGUEZ BADIOLA, H. GUILLOU, J. DE LA NUEZ & F.J. PÉREZ TORRADO (2001). Geology and volcanology of La Palma and El Hierro, Western Canaries. *Estudios Geológicos* 57: 175-273.

- CLARKE, K.R. & R.N. GORLEY (2006). *PRIMER v6: User Manual/Tutorial*.-PRIMER-E, Plymouth, 190 pp.
- CLEMENTE, S., J.C. HERNÁNDEZ, A. RODRÍGUEZ & A. BRITO (2010). Identifying keystone predators and the importance of preserving functional diversity in sublittoral rocky-bottom areas. *Marine Ecology Progress Series* 413: 55-67.
- DAVIS, A.N. & R.T. WILCE (1987). Algal diversity in relation to physical disturbance: a mosaic of successional stages in a subtidal cobble habitat (Plum Cove, Cap Ann, Massachusetts, USA). *Marine Ecology Progress Series* 37: 229-237.
- DÍAZ-VILLA, T., A. TRONHOLM, J. AFONSO-CARRILLO & M. SANSÓN (2004). Adiciones a la flora de algas marinas bentónicas de El Hierro (islas Canarias). *Vieraea* 32: 167-176.
- FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M. & J.L. MARTÍN-ESQUIVEL (2001). *Naturaleza de las Islas Canarias: ecología y conservación*. Editorial Turquesa, Santa Cruz de Tenerife, 474 pp.
- GIL-RODRÍGUEZ, M.C. & W. WILDPRET DE LA TORRE (1980). Contribución a la filología de la isla de El Hierro. *Vieraea* 8: 245-260.
- GOLDBERG, N.A. & G.A. KENDRICK (2004). Effects of island groups, depth and wave exposure to ocean waves on macroalgal assemblages in the Recherche Archipelago, Western Australia. *Journal of Phycology* 40: 631-641.
- GUIRY, M.D. & G.M. GUIRY (2011). *AlgaeBase. World-wide electronic publication*. National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (consultada en julio 2011).
- 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.
- HILL, M.O. & H.G. GAUCH (1980). Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42: 47-58.
- LAMBSHEAD, P.J.D., H.M. PLATT & K.M. SHAW (1983). The detection of differences among assemblages of marine benthic species based on assessment of dominance and diversity. *Journal of Natural History* 17: 859-874.
- MOREIRA-REYES, A. & D. ACUÑA (2009). Caracterización del sebadal de La Caleta, El Hierro. In: Sangil, C., L. Concepción, L. Martín & R. Fernández de León (Eds.), *I Workshop de estrategias para la planificación y conservación de los recursos marinos de Canarias (libro de resúmenes)*. Reserva Mundial de la Biosfera La Palma, Santa Cruz de La Palma, pp. 40.
- REYES, J. & M. SANSÓN (1991). Adiciones a la flora marina de la isla de El Hierro (Islas Canarias). *Vieraea* 20: 71-81.
- REYES, J., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (1995). Distribution and reproductive phenology of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in the Canary Islands. *Aquatic Botany* 50: 171-180.

- RUYTER VAN STEVENINCK, E.D. & A.M. BREEMAN (1987). Deep water populations of *Lobophora variegata* (Phaeophyceae) on the coral reef of Curaçao: influence of grazing and dispersal on distribution patterns. *Marine Ecology Progress Series* 38: 241-250.
- 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 (2010). Comunidades de macroalgas bentónicas de la isla de La Palma (Islas Canarias): distribución vertical y longitudinal. *Proceedings III Congreso de estudios sobre La Palma*, Santa Cruz de La Palma, 26-31 de julio.
- SANGIL, C., M. SANSÓN & J. AFONSO-CARRILLO (2011). Spatial variation patterns of subtidal seaweed assemblages along a subtropical oceanic archipelago: thermal gradient vs. herbivore pressure. *Estuarine Coastal Shelfish Science* 94: 322-333.
- SOKAL, R.R. & F.J. ROLF (1995). *Biometry*. 3rd edition. W.H. Freeman & Company, New York, 563 pp.
- TER BRAAK, C.J.F. & P. ŠMILAUER (1998). *CANOCO Reference Manual and User's Guide for Windows. Software for Canonical Community Ordination*. Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA, 351 pp.
- VROOM, P.S. & K.N. PAGE (2006). Relative abundance of macroalgae (RAM) on Northwestern Hawaiian Island reefs. *Atoll Research Bulletin* 543: 533-548.
- 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.
- YANES, A. (1990). *Morfología litoral de las islas Canarias occidentales*. Secretariado Publicaciones Universidad de La Laguna, La Laguna, 208 pp.