

Composición y estructura de los fondos de *maërl* de Tossa de Mar (Gerona, España)

ENRIC BALLESTEROS

Abstract

BALLESTEROS, E. (1988). Composition and structure of *maërl* beds from Tossa de Mar (Gerona, Spain). *Collect. Bot. (Barcelona)* 17 (2): 161-182

The structure and specific composition of *maërl* beds from Tossa de Mar is established starting from a series of samples collected with autonomous diving equipment. The species/area and diversity/area curves are analyzed; on the basis of previously established structural parameters (BALLESTEROS, 1986) the complexity of the system is evaluated. Data on irradiance, temperature and nutrient's availability are presented too, as a result of an annual cycle.

Keywords: Ecology, *Algae*, *maërl*, Western Mediterranean.

Resumen

BALLESTEROS, E. (1988). Composición y estructura de los fondos de *maërl* de Tossa de Mar (Gerona, España). *Collect. Bot. (Barcelona)* 17 (2): 161-182.

A partir de una serie de muestras recogidas en inmersión con escafandra autónoma se establece la composición específica y la estructura de los fondos de *maërl* de Tossa de Mar (Gerona). Se analizan las curvas especies/área y diversidad/área y sobre la base de unos parámetros estructurales previamente establecidos (BALLESTEROS, 1986) se evalúa la complejidad del sistema. También se presentan datos sobre irradiancia, temperatura y disponibilidad de nutrientes, como resultado de un ciclo anual.

Palabras clave: Ecología, algas, *maërl*, Mediterráneo Occidental.

INTRODUCCIÓN

Los fondos dominados por algas coralináceas de vida libre (*mäerl*) están ampliamente distribuidos por todos los mares y océanos del mundo ocupando grandes extensiones en los fondos de grava y arena situados en la zona fótica. Las especies dominantes varían según la latitud (JOHANSEN, 1981). En las costas europeas las especies principales son *Phymatolithon calcareum* y *Lithothamnion corallioides*. *Phymatolithon calcareum* aparece desde los fondos del

Mar del Norte hasta Portugal, mientras que la distribución de *Lithothamnion corallioides* queda comprendida entre Irlanda y las Islas de Cabo Verde, incluyendo Madeira y Canarias (CABIOCH, 1969 y 1974; BLUNDEN al., 1977 y 1981; AFONSO & GIL, 1982). En el Mediterráneo se presentan ambas coralináceas y constituyen, junto a otras especies, una comunidad que aparece sobre los fondos blandos a profundidades comprendidas entre los 25 y los 100 metros. Los trabajos de tipo florístico son relativamente abundantes y, tras los estudios preliminares de algunos autores (FUNK, 1927; OLLIVIER, 1929; BUEN, 1934; FELDMANN, 1937 y 1943; HUVÉ, 1955; PARENZAN, 1960), el trabajo de JACQUOTTE (1962) supone un punto de partida en el conocimiento de estos fondos. Posteriormente otros autores (GIACCONE, 1965; GIACCONE & al., 1972; AUGIER & BOUDOURESQUE, 1978; BOURCIER, 1981) han contribuido a perfilar la constitución específica de los fondos de *maërl*. Finalmente, BOUDOURESQUE (1985) ha caracterizado la comunidad de *Phymatolithon calcareum* basándose en el grupo ecológico de las especies esciáfilas de sustrato blando (*Phymatolithikon*) y propone una lista de especies características.

A pesar de la existencia de estos trabajos, a causa de la excesiva profundidad a la que se encuentran estos fondos, los estudios de tipo ecológico son prácticamente inexistentes, si no tenemos en cuenta los inventarios que presentan los autores anteriormente citados, los cuales o bien son incompletos, o bien se reducen a una simple lista no cuantificada de las especies.

En este estudio hemos realizado una serie de inventarios cuantitativos de los fondos de *maërl* de la Costa Brava (zona de Tossa de Mar, UTM 31T DG91) (fig. 1), caracterizándolos

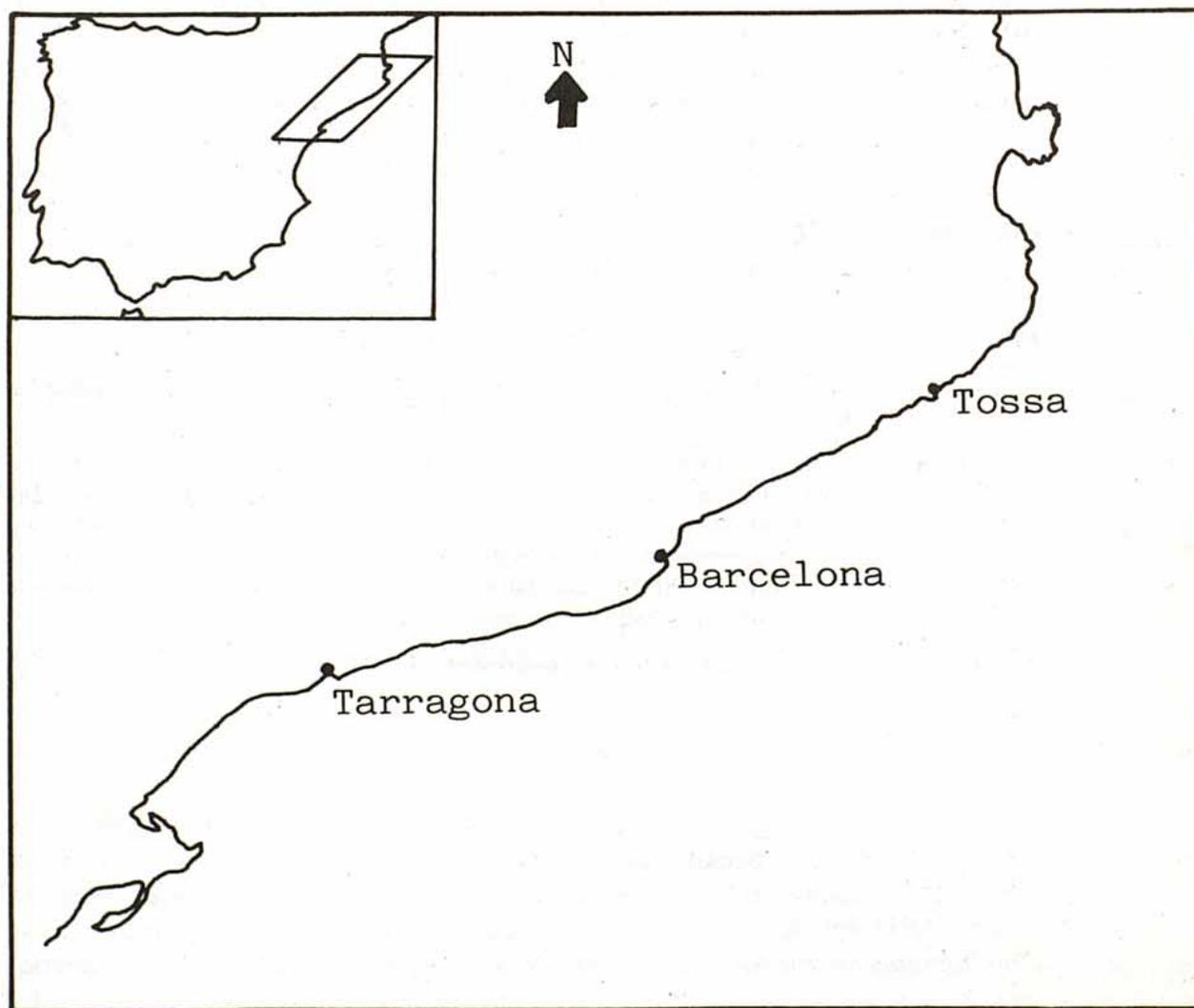


Fig. 1. – Situación de Tossa de Mar en la costa catalana.

desde un punto de vista florístico y estructural. También hemos obtenido valores de irradiancia, concentración de nutrientes y temperaturas a lo largo del año. La nomenclatura algal sigue a BALLESTEROS & al. (1985).

METODOLOGÍA

Se recogieron 7 muestras de *maërl* a profundidades comprendidas entre 40 y 51 metros mediante la utilización de escafandra autónoma. El tamaño de muestra era de 1600 cm² (40 × 40) y el muestreo se hacía mediante recolección total de cuatro cuadrados de 400 cm² (submuestras) que se depositaban en bolsas de plástico convenientemente numeradas. Para la separación y la cuantificación de las muestras se utilizó la metodología comentada en un trabajo anterior (BALLESTEROS, 1986). De este modo se obtuvo para cada inventario una matriz con los valores de biomasa y recubrimiento de cada especie en cada submuestra y a partir de aquí se elaboraron las curvas especies/área y diversidad/área. Además se calcularon los siguientes parámetros estructurales (BALLESTEROS, 1984 y 1986):

- Biomasa de la comunidad, expresada en gramos de peso seco por metro cuadrado (g ps/m²).
- Porcentaje de recubrimiento: recubrimiento total dividido por la superficie muestreada y multiplicado por cien.
- Riqueza específica (R): número de especies correspondientes al punto Calleja $5 \cdot 10^{-2}$ (BALLESTEROS, 1986)
- Distribución específica (k): valor del parámetro k en el ajuste de la curva especies/área a una ecuación semilogarítmica expresable en forma potencial como

$$x = k \cdot e^{\lambda y}$$

donde y es el número de especies y x el área en cm²

- Punto Molinier 20/5 (M20/5) (BOUDOURESQUE & BELSHER, 1979; NÉDÉLEC, 1979).
- Diversidad específica (A_b y A_r): valor asintótico de la diversidad al ajustar la curva diversidad/área a una ecuación de Michaelis-Menten (BALLESTEROS, 1986)
- Parámetros S_b y S_r: valor de superficie correspondiente al punto Calleja $1 \cdot 10^{-3}$ en la curva diversidad/área ajustada a una ecuación de Michaelis-Menten. Estos parámetros, además de proporcionarnos el área para la cual la diversidad está prácticamente estabilizada (área mínima estructural; ver NIELL, 1974), es un buen estimador de la diversidad de motivo (BALLESTEROS, 1984 y 1986).

También hemos obtenido los espectros de diversidad y los valores de A y S para la epiflora, es decir, sin tomar en consideración las algas del sustrato (coralináceas, *Peyssonnelia* y *Contarinia*, básicamente).

La irradiancia se ha determinado a partir de medidas semanales del disco de Secchi, mediante el método de WEINBERG & CORTEL-BREEMAN (1978). También se ha obtenido la variación de la temperatura a lo largo del año y la concentración de fosfatos, nitratos y nitritos del agua a 40 metros (BALLESTEROS, 1984)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Descripción

Los distintos inventarios que presentamos (tabla 1) pertenecen a la comunidad de *Phymatolithon calcareum* (*Phymatolithon-Lithothamnietum coralloididis* Giaccone, 1965) y ocu-

Tabla 1. — Inventarios de la comunidad de *Phymatolithon calcareum*. Para cada especie se indica el recubrimiento en cm² (primera cifra) y la biomasa en g de peso seco (segunda cifra), ambos valores referidos a la superficie muestreada (1600 cm²). Todos los inventarios provienen de lugares con un inclinación de 0°. La nomenclatura algal sigue BALLESTEROS & al. (1985). Las localidades son las siguientes:

- 1 — Es Castell de Blanes, 171082, —44 metros.
- 2 — Es Castell de Blanes, 010983, —41 metros.
- 3 — Es Castell de Blanes, 140783, —42 metros.
- 4 — Es Ricard, 031083, —48 metros.
- 5 — Santa Bàrbara, 051083, —47 metros.
- 6 — Sant Joan, 260983, —40 metros.
- 7 — Es Vidal, 041083, —51 metros.

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Lithothamnion fruticosum</i>	595.9	537.7	717.0	854.9	747.0	627.2	551.0
<i>Phymatolithon calcareum</i>	59.590	53.770	71.700	85.490	74.700	63.320	55.100 *
<i>Lithophyllum expansum</i>	257.2	119.6	408.9	283.5	733.0	145.8	238.1
<i>Lithophyllum</i> sp.	200.841	102.007	40.890	159.319	393.842	124.059	207.709
<i>Contarinia peyssonneliaeformis</i>	180.5	88.5	56.6	569.8	69.8	302.3	100.4
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	20.982	7.401	4.052	37.582	4.773	31.457	7.897
Melobesiae ind.	215.8	25.9	258.4	102.4	141.0	42.8	79.9
Melobesiae ind. 1	21.580	2.590	25.840	10.240	14.100	4.280	7.990
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	37.8	230.0	46.0	59.7	31.8	117.0	18.7
<i>Lithothamnion corallioides</i>	0.378	2.300	0.460	0.597	0.318	1.170	0.187
Melobesiae ind. 2	47.8	43.7	52.9	15.8	2.9	75.0	48.0
Florideae incr. ind.	4.277	3.199	5.791	1.580	0.290	11.963	3.470
<i>Lithophyllum racemosum</i>		528.2	630.0	270.0	325.0	550.0	288.0
		52.820	63.500	27.000	32.500	55.000	28.800
	70.9	120.2	39.7	4.8	4.3	146.3	
	10.240	12.070	3.970	0.480	0.430	14.630	
	19.0		1.0	15.4		14.8	19.0
	1.159		0.061	0.618		0.903	1.159
	0.2		1.8	0.4	39.2		15.0
	0.020		0.339	0.075	8.221		3.644
		62.0				288.2	
		6.200				28.820	
				5.0	9.2		
				0.050	0.092		
					0.8		
						3.6	

	1	2	3	4	5	6	7
Melobesia ind. 3	.	.	.	.	0.120	7.030	.
<i>Palmophyllum crassum</i>	.	.	.	1.0	.	49.9	.
	.	.	.	0.010	.	4.990	.
<i>Aglaozonia chilosa-stadio</i>	.	.	0.1	.	.	.	.
	.	.	0.001	.	.	.	.
<i>Lyngbya sordida</i>	280.4	106.4	278.9	0.3	39.8	372.2	0.3
	1.454	0.760	1.771	0.003	0.182	1.866	0.003
<i>Dictyota dichotoma</i>	2.7	192.9	125.2	80.6	27.5	150.0	2.3
	0.013	0.550	0.255	0.141	0.056	0.373	0.011
<i>Rhodymenia delicatula?</i>	46.1	32.0	129.7	51.6	10.1	71.3	59.2
	0.258	0.294	0.428	0.214	0.055	0.327	0.205
<i>Cryptonemia tunaeformis</i>	5.5	25.7	1.7	31.7	3.1	25.6	40.3
	0.053	0.269	0.017	0.185	0.021	0.234	0.237
<i>Kallymenia requienii</i>	2.2	4.4	1.6	25.3	10.8	13.9	66.0
	0.014	0.043	0.016	0.134	0.063	0.081	0.211
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0.3	1.0	0.4	39.2	3.5	0.3	11.5
	0.003	0.010	0.004	0.146	0.013	0.003	0.052
<i>Dasyopsis plana</i>	3.3	3.4	5.3	0.6	1.2233	15.0	1.9
	0.026	0.034	0.048	0.006	0.014	0.124	0.019
<i>Falkenbergia rufolanosa-stadio</i>	0.3	0.4	0.5	0.7	0.1	0.2	0.2
	0.003	0.004	0.005	0.007	0.001	0.002	0.002
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	1.7	0.1	30.4	1.0	0.8	.	0.1
	0.017	0.001	0.130	0.007	0.004	.	0.001
<i>Gloiocladia furcata</i>	.	0.4	0.1	7.4	4.1	6.3	13.7
	.	0.004	0.001	0.045	0.0230.046	0.083	.
<i>Fostiella farinosa</i>	0.3	0.4	0.1	2.6	.	0.4	0.4
	0.003	0.004	0.001	0.010	.	0.004	0.004
<i>Botryocladia borgesinii</i>	.	0.4	0.2	0.9	0.1	0.3	0.3
	.	0.004	0.002	0.009	0.001	0.003	0.003
<i>Pringsheimiella scutata</i>	0.4	0.4	.	0.1	0.1	0.4	0.1
	0.004	0.004	.	0.001	0.001	0.004	0.001
<i>Myriogramme tristromatica</i>	0.3	.	.	97.5	2.7	.	42.3
	0.001	.	.	0.313	0.011	.	0.141
<i>Rhodymenia sp.</i>	.	1.4	.	25.6	2.3	.	20.1

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Peyssonnelia</i> gr. <i>harveyana</i> 1	15.0	0.014	.	0.111	0.016	.	0.068
	0.300	1.5	.	.	.	1.3	2.0
<i>Halopteris filicina</i>	.	0.030	.	.	.	0.026	0.034
	.	0.1	2.1	0.2	0.3	.	.
<i>Jania rubens</i>	0.5	0.001	0.022	0.002	0.003	.	.
	0.008	.	0.1	0.1	.	0.8	.
<i>Callithamnion tripinnatum</i>	.	.	0.001	0.001	.	0.005	.
	.	0.1	.	0.7	0.2	.	0.3
<i>Callithamnion byssoides</i>	.	0.001	.	0.007	0.002	.	0.003
	.	0.3	0.2	0.3	0.1	.	.
<i>Acrosorium uncinatum</i> v. <i>venulosum</i>	15.1	0.003	0.002	0.003	0.001	.	.
	0.040	.	.	5.7	.	.	11.4
<i>Contarinia squamariae</i>	.	.	.	0.018	.	.	0.114
	.	.	.	9.4	3.1	.	6.4
<i>Rhodophyllis divaricata</i>	0.9	.	.	0.044	0.014	.	0.026
	0.005	.	.	1.3	.	.	4.1
<i>Carpomitra costata</i> v. <i>mediterranea</i>	.	.	.	0.006	.	.	0.017
	.	.	6.9	.	0.9	.	.
<i>Fauchea repens</i>	.	.	0.056	.	0.009	0.5	.
	.	.	.	.	.	0.005	.
<i>Zosterocarpus oedogonium</i>	.	0.4	.	2.8	.	1.7	1.4
	.	0.004	3.6	0.021	.	0.016	0.009
<i>Rodriguezella strafforellii</i>	.	0.1	0.013	.	0.1	.	.
	.	0.001	.	1.7	0.001	.	1.6
<i>Antithamnion plumula</i>	.	0.1	.	0.017	.	.	0.024
	.	0.001	.	2.5	.	.	0.1
<i>Ceramium diaphanum</i> v. <i>lophophorum</i>	.	0.001	.	0.025	.	.	0.001
	.	0.3	0.3	0.1	.	.	.
<i>ErythroGLOSSUM sandrianum</i>	0.1	0.003	0.003	0.001	.	.	.
	0.001	.	.	0.2	.	.	0.4
<i>Halicystis parvula</i>	.	0.1	.	0.001	.	.	0.001
	.	0.001	.	0.5	0.1	.	.
<i>Fosliella</i> sp.	.	.	.	0.005	0.001	.	.
	.	.	.	0.3	.	0.2	0.1
<i>Aphanocladia stichidiosa</i>	.	0.2	0.1	0.003	.	0.002	0.001
	.	.	.	.	.	0.1	.

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Fostiella farinosa</i> v. <i>chalicodiclyca</i>	.	0.002	0.001	.	.	0.001	.
<i>Anthamhion plumula</i> v. <i>crispum</i>	0.1	0.1	.	0.1	.	0.1	0.2
<i>Peyssonnelia rubra</i>	0.001	0.001	.	0.001	.	0.001	0.002
<i>Sphacelaria plumula</i>	0.1	5.7	.	.	.	0.9	13.3
<i>Acrosorium uncinatum</i> v. <i>uncinatum</i>	0.001	0.045	.	.	.	0.018	0.144
<i>Callithamnion</i> sp.	0.1	0.9	.	.	.	1.0	.
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	0.001	0.004	.	0.3	.	0.004	.
<i>Dasya</i> sp.	.	.	0.1	0.003	0.3	.	.
<i>Anthamhion tenuissimum</i>	.	0.2	0.001	.	0.003	0.1	.
<i>Peyssonnelia</i> gr. <i>harveyana</i> 2	7.8	0.002	.	.	.	0.001	.
<i>Oscillatoria subuliformis</i>	0.156	0.1	.	0.2	.	.	.
<i>Myriogramme carnea</i>	0.002	0.001	.	0.002	.	.	.
<i>Arthrocladia villosa</i>	0.1	.	.	.	.	.	.
<i>Bryopsis plumosa</i>	0.001	0.5	.	.	.	.	.
<i>Polysiphonia furcellata</i>	.	0.005	.	.	.	.	.
<i>Wrangelia penicillata</i>	.	0.1	.	.	.	.	.
<i>Ceramium codii</i>	.	0.001	.	.	.	.	.
<i>Corallina elongata</i>	.	0.1	.	.	.	.	.

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Bryopsis monoica</i>	.	0.001	.	.	.	.	.
<i>Peyssonnelia</i> sp.	.	0.1	.	.	.	.	.
Dasyaceae ind.	.	0.001	.	.	.	.	.
<i>Derbesia tenuissima</i>	.	.	12.0	.	.	.	.
<i>Polysiphonia banyulensis</i>	.	.	0.024	.	.	.	.
<i>Udotea petiolata</i>	.	.	0.2	.	.	.	.
<i>Phyllophora crispa</i>	.	.	0.002	.	.	.	.
<i>Sebdenia rodrigueziana</i>	.	.	0.1	.	.	.	.
<i>Codium vermilara</i>	.	.	0.001	.	.	.	.
<i>Cladophora prolifera</i>	.	.	0.1	.	.	.	.
<i>Compsothamnion gracillimum</i>	.	.	0.001	.	.	.	.
<i>Apoglossum ruscifolium</i>	.	.	.	35.0	.	.	.
Cladophoraceae ind.	.	.	.	0.280	.	.	.
<i>Kallymenia</i> sp. *	.	.	.	1.1	.	.	.
<i>Laurencia obtusa</i>	.	.	.	0.011	.	.	.
<i>Pseudochlorodesmis furcellata</i>	.	.	.	0.7	.	.	.
<i>Hypoglossum woodwardii</i>	.	.	.	0.007	.	.	.
<i>Gelidium pusillum (pulchellum)</i>	.	.	.	0.4	.	.	.
				0.004			
				0.3			
				0.003			
				0.1			
				0.001			
				0.1			
				0.001			
				0.1			
				0.001			
				0.8			
				0.004			
				0.5			
				0.005			
				0.1			
				0.001			
				0.1			
				0.001			
				1.1			

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Antithamnion cruciatum</i> v. <i>profundum</i>	0.011	.
<i>Polysiphonia subulifera</i>	0.2	.
<i>Valonia macrophysa</i>	0.002	.
<i>Gigartina acicularis</i>	0.1	.
<i>Haraldia lenormandii</i>	0.001	.
<i>Gigartinal</i> ind. ?	0.1	7.8
<i>Cryptonemia lomation</i>	0.001	0.025
<i>Kallymenia lacerata</i>	1.0
	0.010
	0,5
	0.005
	0.4
	0.004

pan una gran parte de los fondos blandos de Tossa situados entre los 38 y 60 metros de profundidad. A menor profundidad esta comunidad es substituida por la comunidad de *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus* (*Arthrocladio-Sporochnetum pedunculatae* Ollivier, 1929), mucho más rica en algas laminares y arborescentes y mucho más pobre en coralináceas (*Lithophyllum racemus*, principalmente). No hemos efectuado ninguna muestra cuantitativa de esta comunidad y solamente disponemos de muestras florísticas, la mayoría de las cuales nos han sido proporcionadas por pescadores profesionales y, por lo tanto, son poco representativas (tabla 2). A mayor profundidad la comunidad de *Phymatolithon calcaireum* se va transformando paulatinamente y pasa a estar dominada por briozoos.

Tabla 2. — Composición específica de la comunidad de *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus*. Se indica la abundancia relativa de cada especie según la escala de la escuela de Zürich-Montpellier (BOUDOURESQUE, 1971). La nomenclatura algal sigue BALLESTEROS & al. (1985). Las localidades son las siguientes:

- 1 — Na Camps, 200483, -23 metros (leg. Joan Nadal).
 2 — Brut d'en Sans, 040683, -28 metros (leg. Joan Nadal).
 3 — Bahía de Tossa, 220683, -20 metros (leg. Josep Casabó).
 4 — Na Camps, 110983, -28 metros (leg. Enric Ballesteros).

	1	2	3	4
<i>Dictyota dichotoma</i>	4	5	4	5
<i>Arthrocladia villosa</i> f. <i>australis</i>	3	5	4	4
<i>Sporochnus pedunculatus</i>	4	4	3	3
<i>Ceramium diaphanum</i> v. <i>lophophorum</i>	1	4	1	2
<i>Falkenbergia rufolanosa</i> -stadia	3	3	3	+
<i>Codium vermilara</i>	1	+	3	2
<i>Halopteris scoparia</i>	+	1	3	2
<i>Plocamium cartilagineum</i>	2	+	1	3
<i>Aphanocladia stichidiosa</i>	2	1	+	1
<i>Halopteris filicina</i>	+	+	1	3
<i>Jania rubens</i>	+	+	+	2
<i>Bonnemaisonia asparagoides</i>	3	4	3	.
<i>Halymenia trigona</i> v. <i>trigona</i>	3	4	2	.
<i>Giffordia mitchelliae</i>	3	3	.	3
<i>Sphaerococcus coronopifolius</i>	3	2	3	.
<i>Liagora distenta</i>	.	2	3	3
<i>Padina pavonica</i>	.	1	4	2
<i>Polysiphonia biformis</i>	+	5	1	.
<i>Wrangelia penicillata</i>	.	2	1	2
<i>Peyssonnelia harveyana</i>	+	2	.	2
<i>Calosiphonia vermicularis</i>	+	1	3	.
<i>Callithamnion byssoides</i>	1	+	.	2
<i>Cutleria monoica</i>	1	1	1	.
<i>Callithamnion</i> sp.	3	+	+	.
<i>Sphacelaria cirrosa</i>	2	+	+	.
<i>Ceramium echionotum</i>	+	+	2	.
<i>Corallina elongata</i>	+	+	+	.
<i>Ceramium gracillimum</i> v. <i>byssoideum</i>	+	.	+	+
<i>Zosterocarpus oedogonium</i>	.	3	.	3
<i>Laurencia pelagosae</i>	3	2	.	.
<i>Cystoseira zosteroides</i>	2	.	2	.
<i>Antithamnion plumula</i>	2	2	.	.
<i>Rhodophyllis divaricata</i>	2	.	2	.
<i>Colpomenia sinuosa</i>	.	1	3	.
<i>Cystoseira spinosa</i>	+	.	.	3

	1	2	3	4
<i>Peyssonnelia squamaria</i>	2	.	1	.
<i>Peyssonnelia bornetii</i>	1	.	.	2
<i>Taonia atomaria</i>	.	1	2	.
<i>Lithothamnion fruticosum</i>	.	1	.	2
<i>Gracilaria verrucosa</i>	.	1	.	2
<i>Polysiphonia subulifera</i>	.	1	.	2
<i>Rhodymenia ardissoni</i>	2	.	+	.
<i>Jania corniculata</i>	1	.	.	1
<i>Nereia filiformis</i>	1	1	.	.
<i>Asparagopsis armata</i>	+	.	2	.
<i>Zanardinia prototypus</i>	+	.	.	2
<i>Dudresnaya verticillata</i>	+	2	.	.
<i>Seirospora giraudyi</i>	.	1	1	.
<i>Elachista intermedia-neglecta</i>	.	.	2	+
<i>Herposiphonia tenella</i> v. <i>secunda</i>	.	.	2	+
<i>Phymatolithon calcareum</i>	+	.	.	1
<i>Polysiphonia elongata</i>	1	.	+	.
<i>Apoglossum ruscifolium</i>	1	.	+	.
<i>Polysiphonia furcellata</i>	1	+	.	.
<i>Enteromorpha flexuosa</i>	1	+	.	.
<i>Acrosorium uncinatum</i> v. <i>venulosum</i>	+	.	.	1
<i>Chondria tenuissima</i>	+	.	1	.
<i>Sphondylothamnion multifidum</i>	.	1	.	+
<i>Dictyopteris membranacea</i>	+	+	.	.
<i>Stictyosiphon soriferus</i>	+	+	.	.
<i>Dasya corymbifera</i>	+	.	+	.
<i>Lomentaria chylocladiella</i>	+	+	.	.
<i>Antithamnion plumula</i> v. <i>crispum</i>	+	.	+	.
<i>Laurencia obtusa</i>	+	.	.	+
<i>Polysiphonia</i> sp.	.	+	+	.
<i>Lophosiphonia scopulorum</i>	.	+	.	+
<i>Lithophyllum racemus</i>	.	.	.	4
<i>Peyssonnelia rosa-marina</i>	.	.	.	3
<i>Contarinia peyssonneliaeformis</i>	.	.	.	3
<i>Laurencia</i> sp.	3	.	.	.
<i>Acrosymphyton purpuriferum</i>	.	.	3	.
<i>Blastophysa rhizopus</i>	.	.	3	.
<i>Dilophus fasciola</i>	.	.	3	.
<i>Naccaria wiggii</i>	.	.	2	.
<i>Cladostephus hirsutus</i>	.	.	2	.
<i>Audouinella codii</i>	.	.	2	.
<i>Botryocladia borgesensis</i>	.	.	.	2
<i>Scinaia complanata</i>	.	.	.	2
<i>Hypoglossum woodwardii</i>	1	.	.	.
<i>Ptilothamnion pluma</i>	1	.	.	.
<i>Crouania attenuata</i>	1	.	.	.
<i>Bryopsis hypnoides</i>	1	.	.	.
<i>Lomentaria ercegovicii</i>	1	.	.	.
<i>Gulsonia nodulosa</i>	.	1	.	.
<i>Ulva</i> sp.	.	1	.	.
<i>Seirospora sphaerospora</i>	.	.	1	.
<i>Feldmannia globifera</i>	.	.	1	.
<i>Predaea ollivieri</i>	.	.	.	1

	1	2	3	4
<i>Halymenia floresia</i> v. <i>pinnata</i>	.	.	.	1
<i>Halymenia latifolia</i>	.	.	.	1
<i>Lithophyllum expansum</i>	.	.	.	1
<i>Valonia macrophysa</i>	.	.	.	1
<i>Audouinella daviesii</i>	+	.	.	.
<i>Champia parvula</i>	+	.	.	.
<i>Halimeda tuna</i>	+	.	.	.
<i>Aglaozonia chilosa</i>	+	.	.	.
<i>Mesophyllum lichenoides</i>	+	.	.	.
<i>Cladophora vagabunda</i>	+	.	.	.
<i>Antithamnion cruciatum</i>	+	.	.	.
<i>Compsothamnion thuyoides</i>	+	.	.	.
<i>Gelidium pectinatum</i>	+	.	.	.
<i>Dasyopsis plana</i>	+	.	.	.
<i>Dasya hutchinsiae</i>	+	.	.	.
<i>Griffithsia</i> sp.	+	.	.	.
<i>Gloiocladia furcata</i>	+	.	.	.
<i>Ceramium ciliatum</i> v. <i>robustum</i>	+	.	.	.
<i>Callithamnion tetragonum</i>	+	.	.	.
<i>Dasyaceae</i> ind.	+	.	.	.
<i>Callithamnion tripinnatum</i>	+	.	.	.
<i>Antithamnion tenuissimum</i>	+	.	.	.
<i>Ceramium rubrum</i>	+	.	.	.
<i>Chrysomenia ventricosa</i>	+	.	.	.
<i>Cryptonemia lomation</i>	+	.	.	.
<i>Antithamnionella spirographidis</i>	.	+	2222	.
<i>Rodriguezella strafforellii</i>	.	+	.	.
<i>Stilophora rhizodes</i>	.	+	.	.
<i>Ceramium</i> sp.	.	+	.	.
<i>Endoderma majus</i>	.	.	+	.
<i>Cladophora lehmanniana</i>	.	.	+	.
<i>Monosporus pedicellatus</i>	.	.	+	.
<i>Polysiphonia macrocarpa</i>	.	.	+	.
<i>Melobesia</i> ind.	.	.	+	.
<i>Acetabularia acetabulum</i>	.	.	.	+
<i>Asperococcus turneri</i> v. <i>profundus</i>	.	.	.	+

La comunidad de *Phymatolithon calcareum* de Tossa de Mar posee un aspecto muy homogéneo y se presenta de forma discontinua, en grandes manchas, a las profundidades ya establecidas. Las especies principales son *Lithothamnion fruticosum*, *Phymatolithon calcareum*, *Lithophyllum expansum*, *Peyssonnelia rosa-marina* y diversas coralináceas que no hemos conseguido determinar. Excepto en alguna estación, *Lithothamnion corallioides* es poco abundante. Las coralináceas de vida libre suelen estar fijadas sobre pequeñas piedras, conchas de moluscos o grava y pueden estar unidas entre ellas por algas blandas, esponjas o las especies laminares *Lithophyllum expansum* y *Peyssonnelia rosa-marina*. El estrato elevado es muy poco importante y se reduce a *Dictyota dichotoma*, *Bonnemaisonia asparagoides*, *Zostera-carpus oedogonium* y algunas rodoficeas laminares (*Kallymenia requienii*, *Cryptonemia tunaeformis*, *Myriogramme tristromatica*, *Acrosorium venulosum*, *Contarinia squamariae*) que, de todas formas, pasan desapercibidas a causa de su pequeño tamaño. Las especies de talo reptante son bastante abundantes aunque nunca alcanzan un recubrimiento importante

(*Rhodymenia* cf. *delicatula*, *Dasyopsis plana*, *Gloiocladia furcata*, *Rhodymenia* sp., *Faucheia repens*). Finalmente, *Lyngbya sordida* constituye grandes aglomeraciones entre las ramas y las protuberancias de las coralináceas arbusculares. Es interesante resaltar la tendencia que existe al concrecionamiento, lo cual se pone de manifiesto en la relativa abundancia de algas carbonatadas laminares (*Lithophyllum expansum*, principalmente), y en la existencia de grandes bloques de coralígeno de plataforma (LAUBIER, 1966) de dimensión variable según las zonas, que se reparten de forma irregular por los fondos de *maërl*.

Tabla 3.— Dominancia cualitativa y cuantitativa de los distintos grupos sistemáticos presentes en el *maërl* de Tossa

	Dominancia cualitativa	Dominancia cuantitativa (recubrimiento)
Rodófitos	77.4	89.4
Feófitos	7.5	3.7
Clorófitos	12.9	0.2
Cianófitos	2.2	6.6

La dominancia cualitativa y cuantitativa del *maërl* pertenece a las rodofíceas (tabla 3) y es superior a la existente en las comunidades infralitorales y circalitorales situadas a menor profundidad (Ballesteros, datos inéditos). Esto sugiere una mejor adaptación de las rodofíceas a profundidades donde la luz es escasa lo cual, sin embargo, no tiene por qué explicarse mediante la teoría de la adaptación cromática (ENGELMANN, 1883); como indican LITTLER (1976) y KIRK (1983), la predominancia de rodofíceas calcificadas puede deberse sencillamente a que estas algas están menos depredadas y tienen unas tasas de respiración menores que otras especies. Es interesante resaltar la relativa abundancia cualitativa de clorofíceas (12.9 %) que no se corresponde desde el punto de vista cuantitativo (0.2 %). Las clorofíceas no están, pues, bien adaptadas a las condiciones ecológicas de estos fondos, aunque debido al carácter oportunista de muchas especies (BALLESTEROS & al., 1984), pueden iniciar su desarrollo en estos ambientes sin llegar a adquirir una importancia cuantitativa significativa. Asimismo, merece ser destacada la importancia cuantitativa de las cianofíceas debida exclusivamente a *Lyngbya sordida*, especie muy abundante en la mayoría de los fondos detríticos de Tossa.

El índice R/P es muy elevado (10.3), superior al valor global de la flora de Tossa (3.5 según BALLESTEROS, 1984). El índice R/P calculado a partir de datos cuantitativos (recubrimiento) es también muy elevado (24.1), como era de esperar, atendiendo a la dominancia cuantitativa de las rodofíceas.

La biomasa de la comunidad se sitúa generalmente entre 1500 y 3500 g ps/m² de los cuales sólo de un 0.1 a un 1 % corresponden a las algas no calcificadas (3 a 20 g ps/m²). El recubrimiento oscila entre el 100 y el 200 % (tabla 4).

Tabla 4. Biomasa, expresada en g ps/m² y recubrimiento (porcentaje) de los distintos inventarios efectuados. La numeración es la misma que para la tabla 1.

N.º inventario	Biomasa	% recubrimiento
1	2008.9	113.0
2	1527.9	133.5
3	1371.3	175.8
4	2030.3	163.3
5	3312.1	138.6
6	2192.5	189.2
7	1983.3	104.5

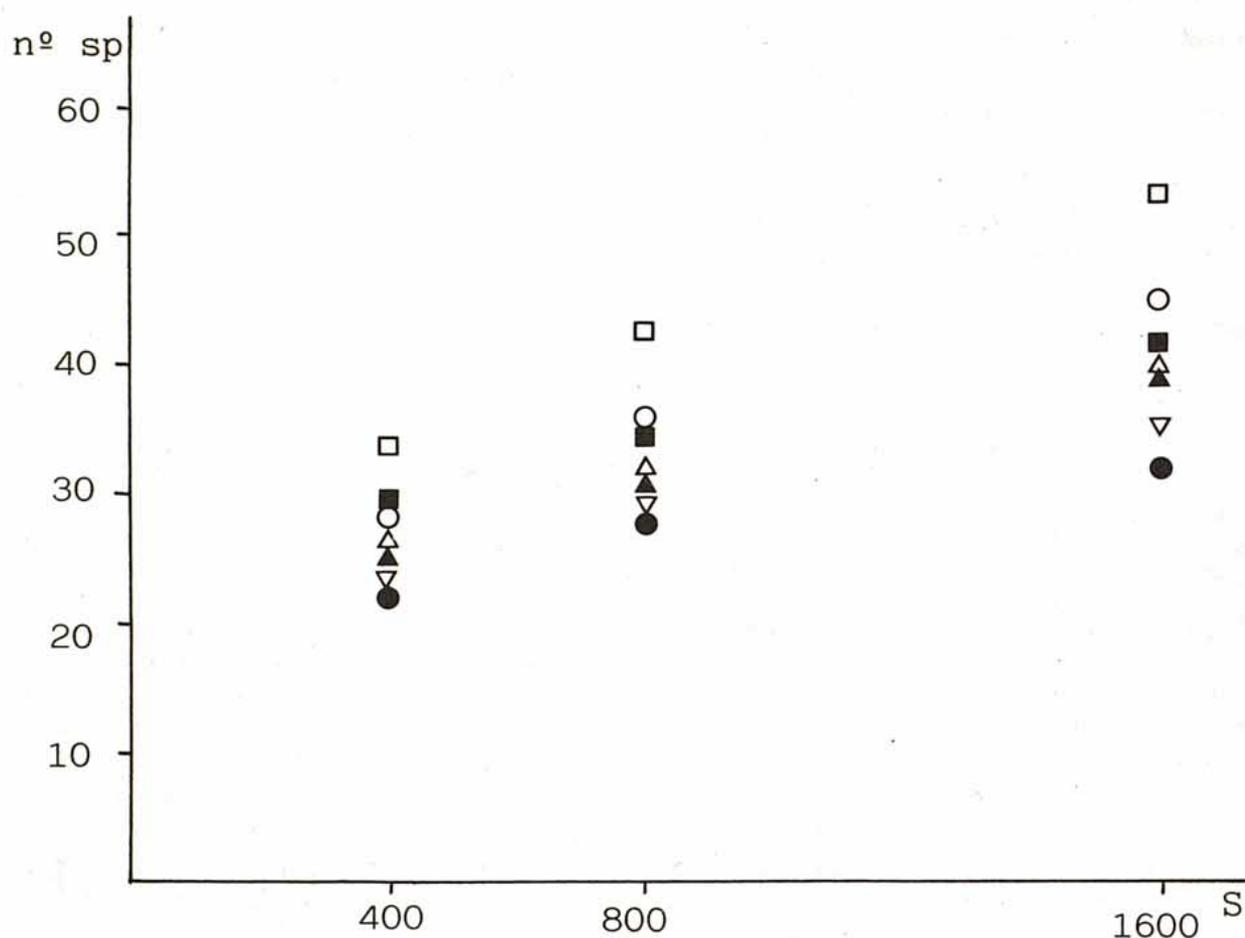


Fig. 2. — Curvas especies/área de los inventarios efectuados. Las localidades son las mismas que las de la tabla 1. La simbología es la siguiente: Inv. 1: círculos negros; Inv. 2: círculos blancos; Inv. 4: triángulo invertido; Inv. 4: cuadrado blanco; Inv. 5: triángulo negro; Inv. 6: triángulo blanco; Inv. 7: cuadrado negro.

Las curvas especies/área se representan en la fig. 2. Como ocurre en la mayoría de comunidades fitobentónicas (BALLESTEROS, 1984), no se observa una estabilización clara del número de especies al aumentar el área. La riqueza específica de la comunidad de *Phymatolithon calcareum* no es demasiado elevada (R entre 15 y 25) pero es superior a la del coralígeno situado a la misma profundidad (BALLESTEROS, 1984). La gran heterogeneidad a pequeña escala permite la fijación de un elevado número de especies que se desarrollan, en ocasiones, en condiciones precarias. La inestabilidad relativa del sustrato permite el mantenimiento y la coexistencia de un número relativamente elevado de especies a una profundidad donde el crecimiento fotosintético es dificultoso. Los elevados valores de k (10 a 35) se reflejan en valores elevados del punto Molinier 20/5 lo cual sugiere que las especies están laxamente distribuidas por el espacio disponible. Por esta razón son necesarias superficies del orden de 1500 cm² para conseguir, sin lugar a dudas, una representación adecuada de la composición florística de la comunidad (tabla 5)

En las figuras 3 y 4 representamos las curvas diversidad/área para la comunidad de *Phymatolithon calcareum*. La diversidad específica calculada a partir de las medidas de biomasa oscila entre 1.5 y 2.8 bits, mientras que la calculada a partir de las medidas de recubrimiento es, lógicamente, más elevada (2.5 a 3.5 bits). La estabilización de la diversidad al aumentar el área se produce para superficies inferiores al tamaño de una submuestra (valores de S comprendidos generalmente entre 100 y 250) (tabla 6). Esta baja diversidad de motivo es propia de una comunidad poco estructurada y es, por término medio, inferior al resto de comunidades circalitorales y de la zona infralitoral inferior (BALLESTEROS, 1984).

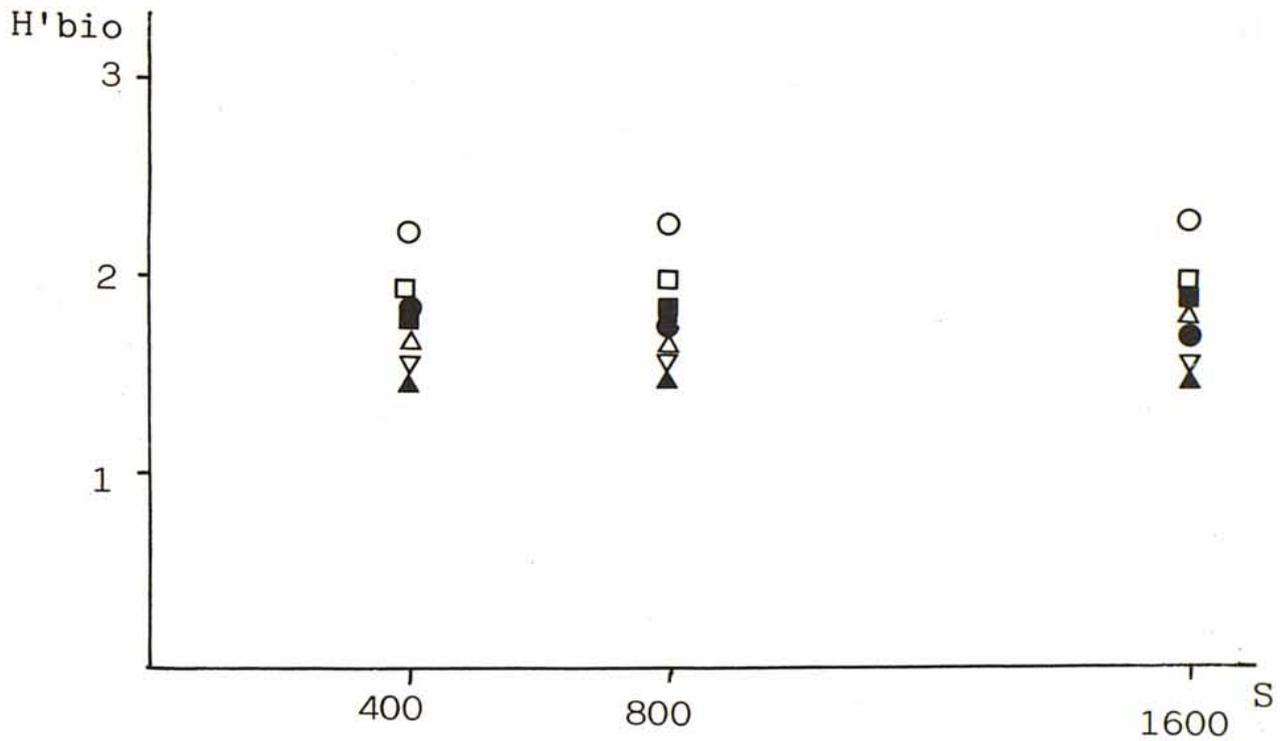


Fig. 3. — Curvas diversidad (calculada a partir de datos de biomasa)/área. La simbología es la misma que para la figura 1.

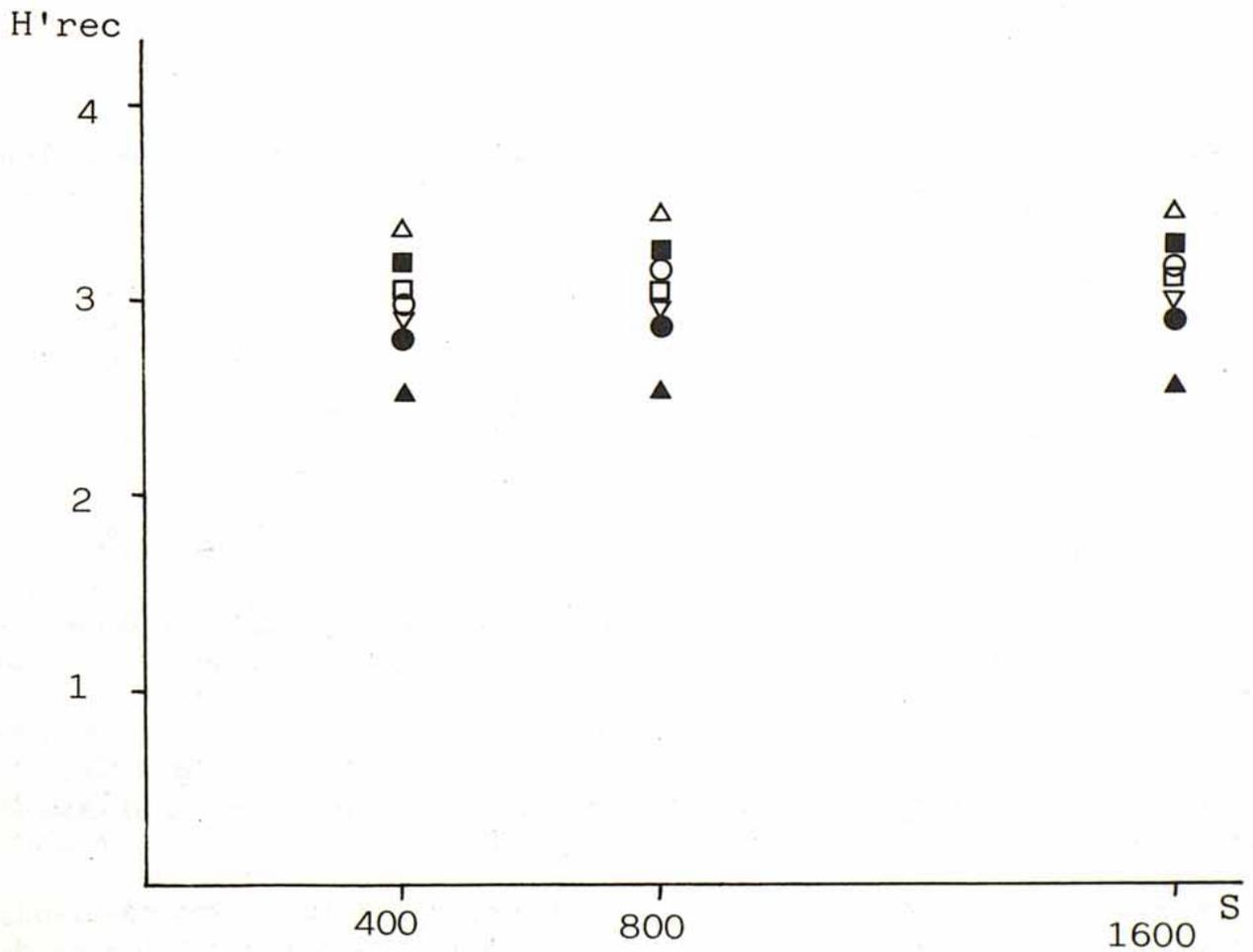


Fig. 4. — Curvas diversidad (calculada a partir de datos de recubrimiento)/área. La simbología es la misma que para la figura 2.

Tabla 5. Distribución específica (k), riqueza específica (R) y punto Molinier M 20/5 de los distintos inventarios. La numeración es la misma que para la tabla 1.

N.º inventario	k	R	M 20/5
1	16.0	15.1	614
2	37.5	23.8	1436
3	20.0	19.7	767
4	35.6	24.0	1364
5	35.0	15.3	1341
6	23.2	19.0	889
7	12.6	21.9	483
media	25.7	19.8	

Tabla 6. Valores de alfa y beta diversidad calculados a partir de valores de biomasa (A, S) y de recubrimiento (A_r , S_r) de los distintos inventarios. La numeración es la misma que para la tabla 1.

N.º inventario	A	S	A_r	S_r
1	1.75	99	2.99	255
2	2.30	172	3.20	251
3	1.54	—	3.08	196
4	1.99	100	3.15	206
5	1.49	118	2.58	155
6	2.80	217	3.47	184
7	1.74	97	3.31	240

Tabla 7 Valores de alfa y beta diversidad de la epiflora del *maërl* de Tossa calculados a partir de valores de biomasa (A, S) y de recubrimiento (A_r , S_r) de los distintos inventarios. La numeración es la misma que para la tabla 1.

N.º inventario	A	S	A_r	S_r
1	2.09	357	1.62	275
2	2.67	351	2.09	232
3	2.17	318	2.14	239
4	3.88	471	3.51	410
5	3.33	356	3.00	335
6	2.43	194	2.27	155
7	3.64	351	3.33	290

Haciendo un símil entre el bentos circalitoral y el mundo pelágico, el *maërl* correspondería a un plancton de diatomeas mientras que el coralígeno se relacionaría con un plancton de dinoflageladas.

En las figuras 5 y 6 representamos las curvas diversidad/área para la epiflora. La diversidad específica oscila entre 1.5 y 3.9 bits. Los valores de S son más elevados (200 a 500) y la estabilización de la diversidad se alcanza para superficies que, a pesar de ser superiores a las de las curvas diversidad total/área, no acostumbran a sobrepasar el tamaño de una submuestra (tabla 7).

A tenor de estos resultados creemos que una superficie de 400 a 500 cm² resulta estructuralmente representativa de la comunidad, aunque es preferible utilizar áreas de muestreo mayores (1500 a 1600 cm²) para obtener también una buena representación florística de la comunidad.

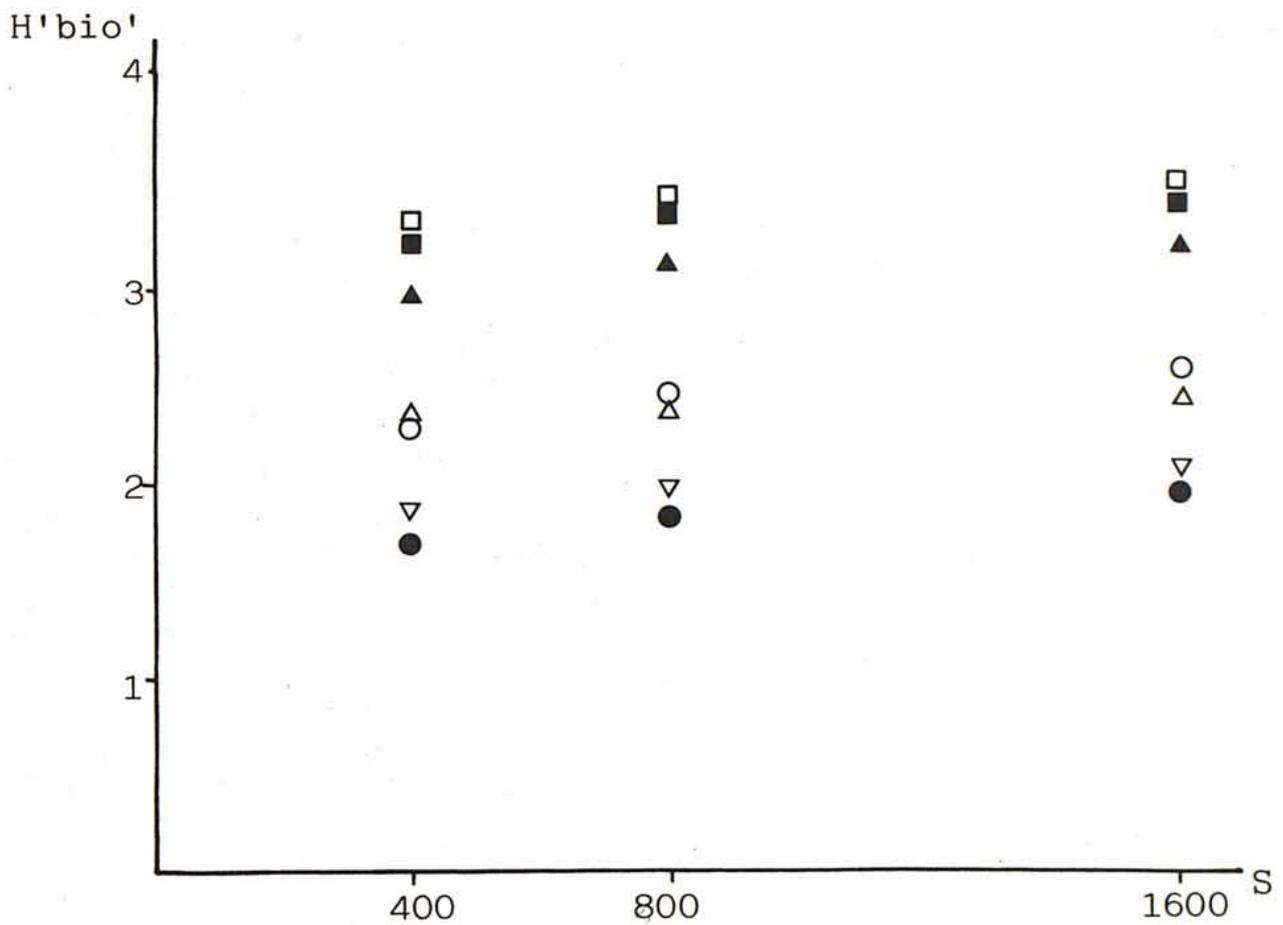


Fig. 5. — Curvas diversidad de la epiflora (calculada a partir de datos de biomasa)/área. La simbología es la misma que para la figura 2.

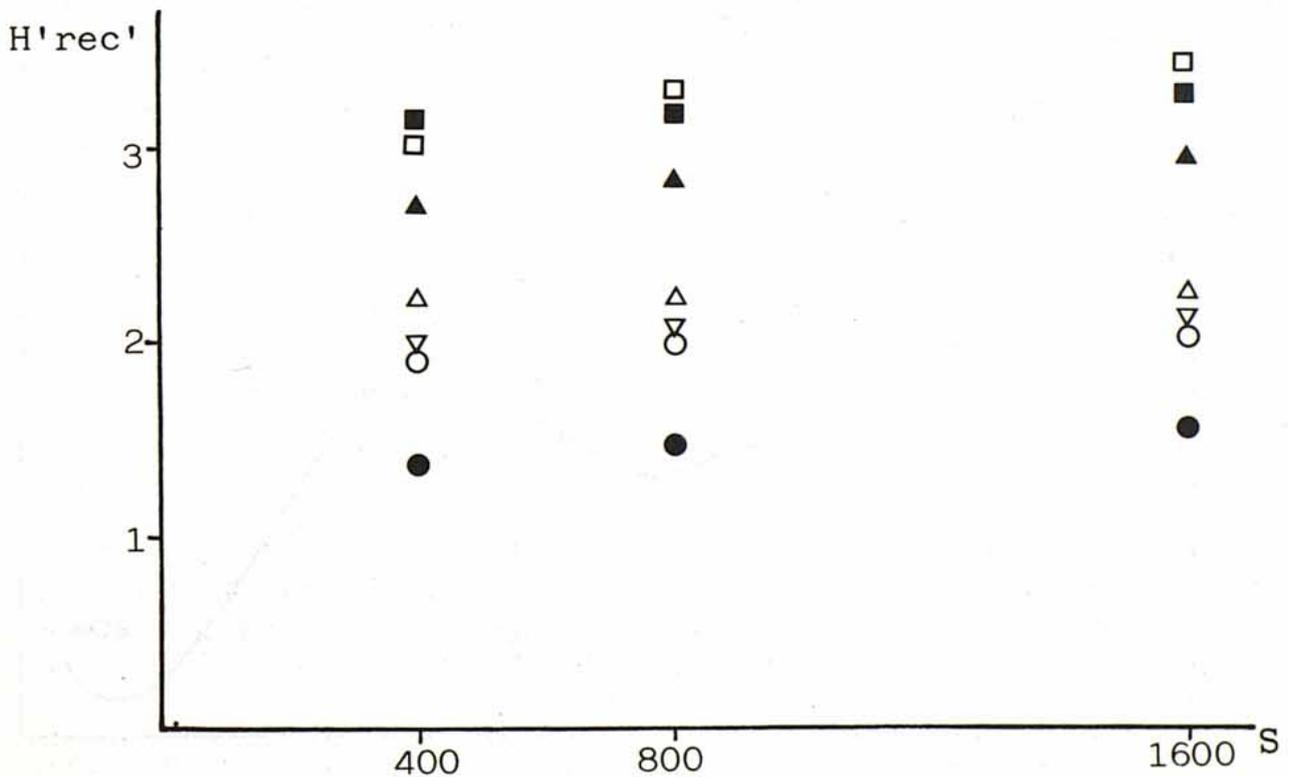


Fig. 6. — Curvas diversidad de la epiflora (calculada a partir de datos de recubrimiento)/área. La simbología es la misma que para la figura 2.

Factores

La irradiancia que llega a 40 metros es de unas 204 cal-g/cm² año, lo cual corresponde a unos 0.27 W/m² o a 8 MJ/m² año, y supone un 0.3 % de la irradiancia superficial PAR (BALLESTEROS, 1984). A 55 metros la irradiancia quedaría reducida a tan sólo 1.305 MJ/m² año, es decir un 0.05 % de la irradiancia superficial PAR, valor que es normalmente aceptado como límite para la zona fital (LUNING & DRING, 1979), al menos en mares templados. No obstante, según nuestras observaciones, la zona fital de Tossa se extiende muy por debajo de esta profundidad puesto que hemos recogido *Laminaria rodriguezii* a -60 metros y aparecen rodolitos en las redes de los pescadores a profundidades superiores. Ello estaría de acuerdo con los recientes hallazgos de algas fotosintéticamente activas a profundidades mucho mayores a las anteriormente propuestas y a irradiancias muy inferiores al 0.05 % (LITTLER al., 1985). Es posible que la constancia en los distintos parámetros físico-químicos (y en particular de la irradiancia) en términos de un ciclo anual en el Mediterráneo permita el crecimiento algal para irradiancias a las cuales ello no es posible en el Atlántico Norte pero sí en mares tropicales o subtropicales. De otro modo, y si tenemos en cuenta que las irradiancias calculadas para profundidades situadas por debajo del límite estival de la termoclina están sobreestimadas (WEINBERG & CORTEL-BREEMAN, 1978), no se explicaría la presencia de algas a profundidades superiores a 60 metros.

La variación de la irradiancia en los fondos de *maërl* a lo largo del año es, sin embargo, notable y es debida al efecto combinado de la diferente transparencia del agua y a la distinta irradiancia superficial (fig. 7). La irradiancia oscila entre 0.06 cal-g/cm² día durante el mes de noviembre y 1.44 cal-g/cm² día durante el mes de agosto (tabla 8)

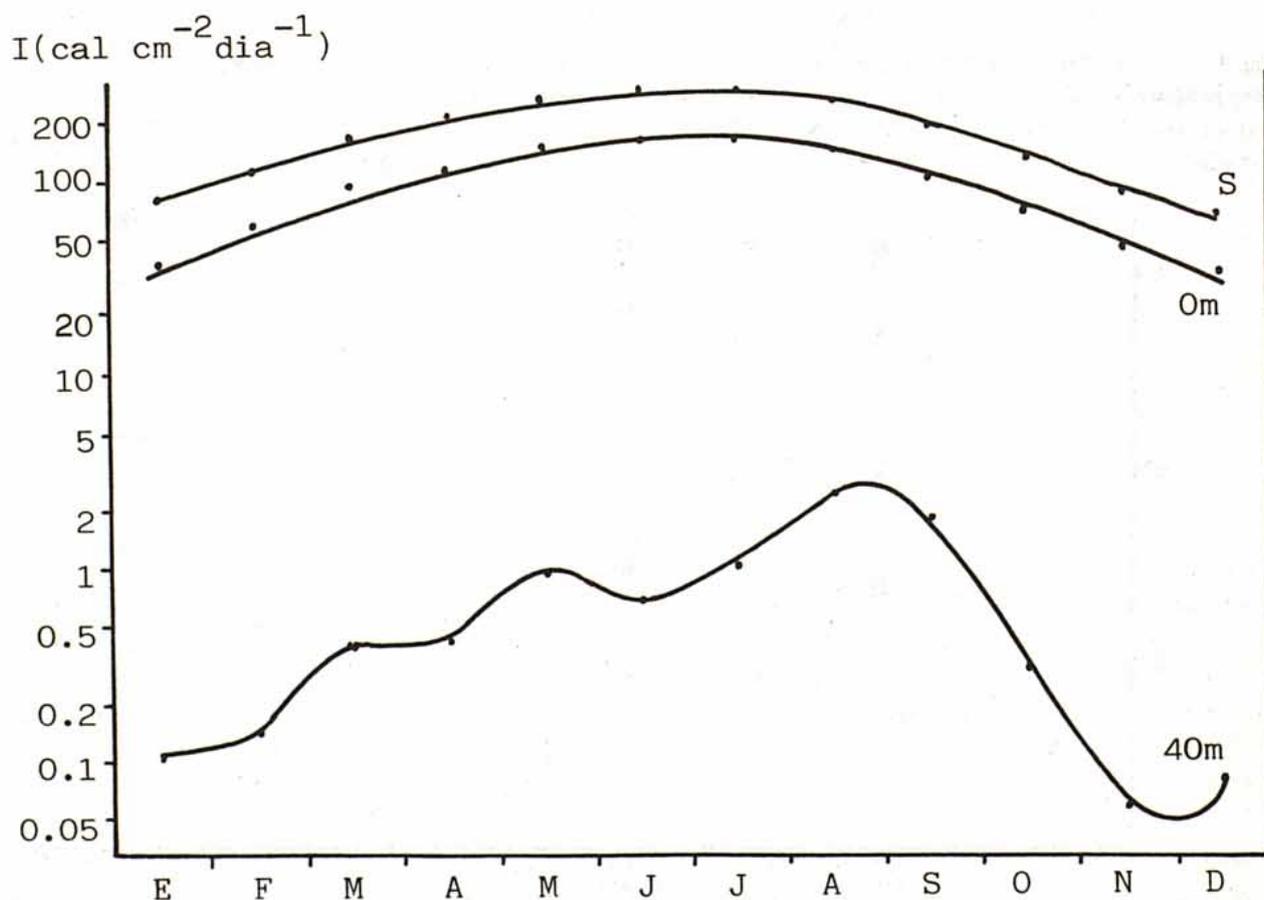


Fig. 7. — Representación de la irradiancia PAR en relación con la época del año y la profundidad durante el año 1983.

Tabla 8. Irradiancia expresada en cal-g/cm² día en Tossa el año 1983 en función del mes y la profundidad, para el espectro visible (PAR). El valor de irradiancia a 0 m se ha extraído de WEINBERG & CORTEL-BREEMAN (1978) (media de seis años en Banyuls). Los valores de irradiancia anual se expresan en cal-g/cm² día, W/m² y MJ m²/año.

Mes	+0m	-0m	-40m
Enero	70.70	39.42	0.10
Febrero	108.80	57.59	0.14
Marzo	164.40	90.64	0.40
Abril	202.50	113.38	0.41
Mayo	254.00	143.71	0.95
Junio	275.30	155.79	0.69
Julio	272.90	154.59	1.02
Agosto	238.20	134.93	1.44
Septiembre	178.90	99.70	1.07
Octubre	123.80	66.96	0.30
Noviembre	82.60	42.26	0.06
Diciembre	65.30	31.79	0.08
Anual			
cal-g/cm ² año	62373	34470	204
W/m ²	82.80	45.74	0.27
MJ/m ² año	2611	1443	8

En la figura 8 representamos las variaciones mensuales (período comprendido entre enero de 1983 y enero de 1984) en la concentración de nitratos, nitritos y fosfatos a una profundidad de 40 metros en una de las estaciones de muestreo (Es Castell de Blanes). Se observa un máximo relativo de nitrógeno en otoño-invierno (concentraciones alrededor de 1 micromol/l de NO₃⁻ + NO₂⁻) y un mínimo en la época estival (0.2 a 0.3 micromols/l). El fósforo es únicamente detectable durante el otoño (concentraciones de fosfato superiores a 0.03

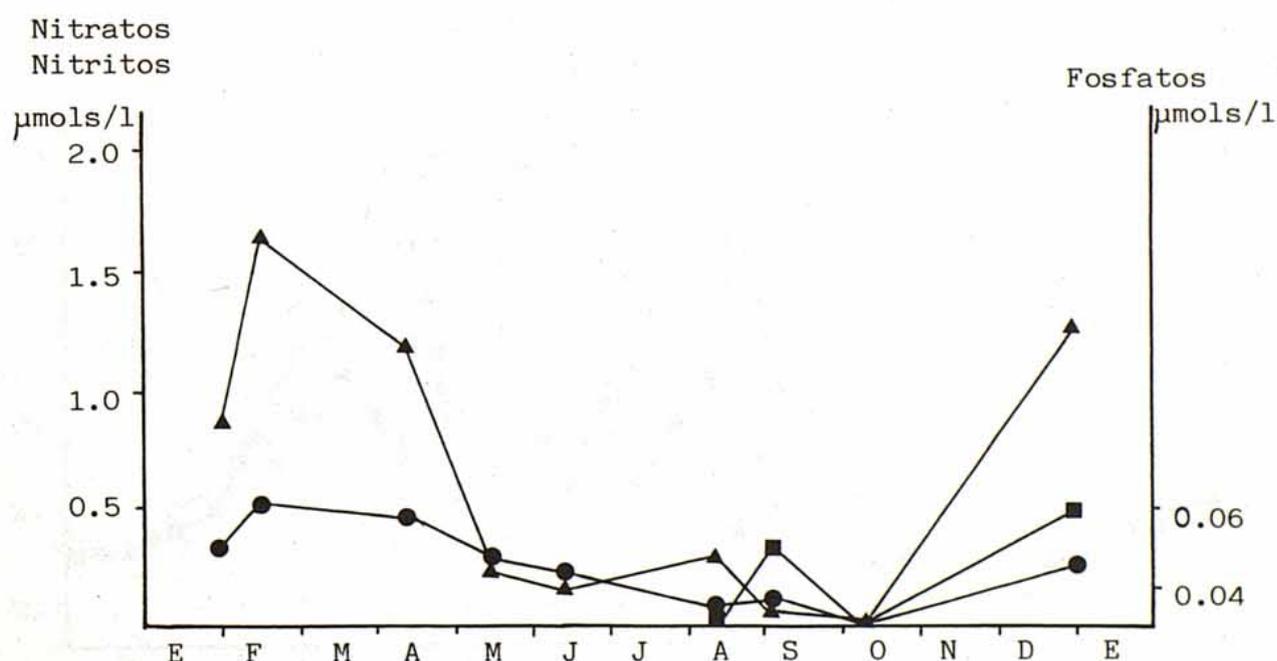


Fig. 8. — Variaciones en la concentración de nitratos, nitritos y fosfatos a 40 m de profundidad durante el período de tiempo comprendido entre enero de 1983 y enero de 1984. La simbología es la siguiente: Nitratos: triángulos; nitritos: círculos; fosfatos: cuadrados.

micromols/l). Al comparar estas variaciones con las detectables en superficie para el mismo período de tiempo (BALLESTEROS, 1984), se observa una menor disponibilidad de fosfatos en el agua profunda durante el verano y, en cambio, una mayor concentración de nitratos y nitritos durante el mismo período. Ello puede tener interés en el ciclo de producción del *maërl* y de la epiflora asociada puesto que las irradiancias elevadas no coinciden —inversamente a lo que ocurre en superficie— con un agotamiento del nitrógeno en el agua. Por otro lado, se mantienen las bajísimas concentraciones de fósforo disuelto a lo largo del año, cuestión ya discutida por BALLESTEROS (1984).

La temperatura media anual del agua a 40 metros es de 14.7°C; su variación a lo largo del año se representa en la figura 9. La termoclina suele situarse hacia los 35 metros de profundidad durante el verano. Sin embargo, es notable la ausencia de una continuidad temporal en esta termoclina lo cual provoca aumentos notables de temperatura a los 40 metros de profundidad durante los meses de verano. Atribuimos estas variaciones, a veces de muy corto período de tiempo, a cambios en las masas de agua y rotura consiguiente de la termoclina por rozamiento con el fondo marino.

A tenor de estos resultados puede concluirse que la comunidad de *Phymatolithon calcareum* de Tossa de Mar está adaptada a unas irradiancias muy bajas, situadas algo por encima del 0.05 % del valor de irradiancia superficial PAR. La concentración de nitratos y nitritos sigue una pauta estacional propia de las aguas del Mediterráneo Occidental y, a excepción de lo que ocurre en superficie, no se agotan totalmente durante los meses estivales. Los fondos de *maërl* se encuentran a unas profundidades situadas generalmente por debajo de la termoclina, pese a lo cual pueden existir bruscas elevaciones de temperatura a finales de verano a causa de la existencia de períodos de homogenización de la columna de agua en esta época del año.

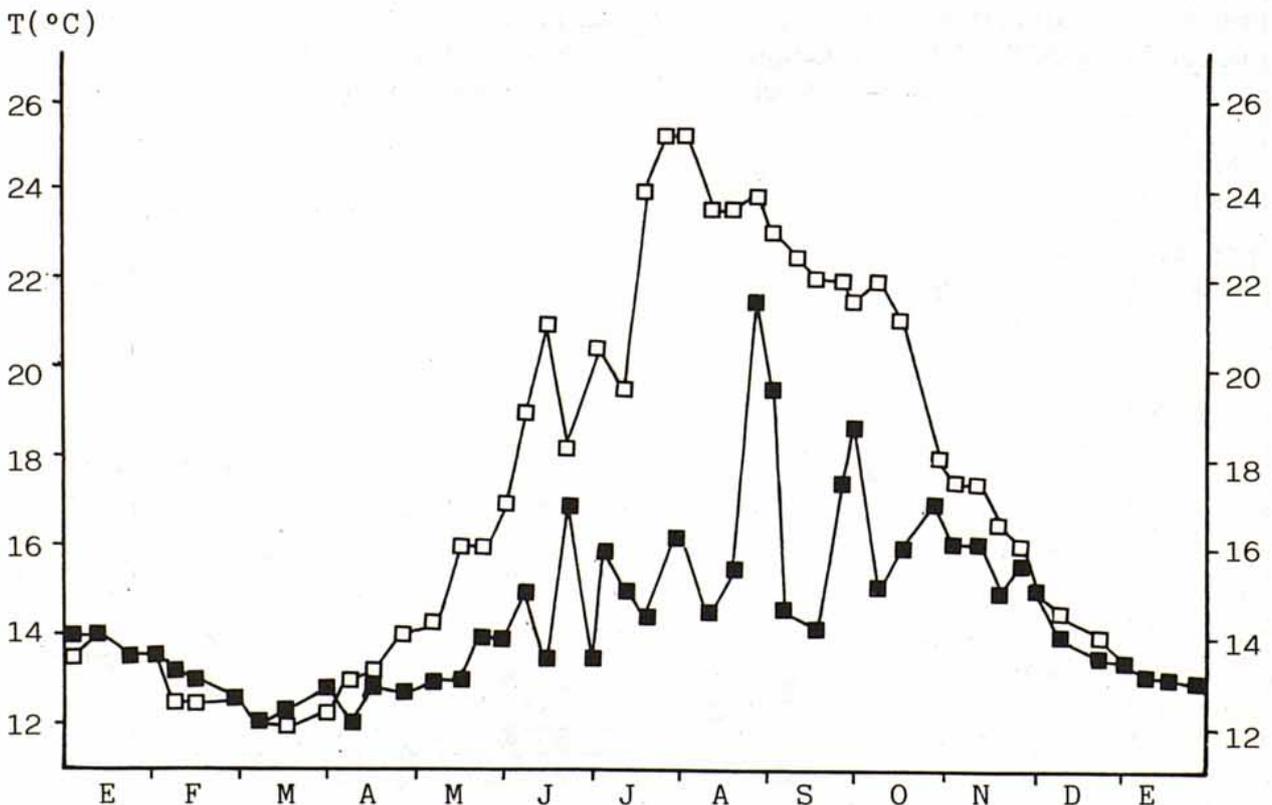


Fig. 9. — Temperaturas del agua a 0 m (cuadrados blancos) y a 40 m (cuadrados negros) durante el período de tiempo comprendido entre enero de 1983 y enero de 1984.

CONCLUSIONES

Los fondos de *maërl* de Tossa se corresponden con la asociación *Phymatolitho-Lithothamnietum corallioidis* Giaccone, y se distribuyen entre los 38 y los 60 m de profundidad. Su composición específica es relativamente constante y dominan las coralináceas *Lithothamnion fruticulosum*, *Phymatolithon calcareum* y *Lithophyllum expansum*, juntamente con *Peyssonelia rosa-marina*. La epiflora es poco importante y coincide a grandes rasgos, con la descrita por otros autores en diversos fondos de *maërl* del Mediterráneo Occidental; sin embargo, merece ser destacada la ausencia de determinadas especies propias de zonas más cálidas (*Vidalia volubilis*, *Rytiphloea tinctoria*, *Kallymenia spathulata*, *Sphaerococcus rhizophylloides*). Por otra parte, la comunidad de *Arthrocladia villosa* y *Sporochnus pedunculatus* queda bien individualizada por estas y otras especies reófilas (*Lithophyllum racemus*, *Polysiphonia biformis*, *Laurencia pelagosae*) y por una distribución batimétrica más superficial (18 a 35 m).

En el *maërl* la dominancia cualitativa y cuantitativa pertenece a las rodofíceas lo cual queda reflejado en unos índices R/P elevados. La biomasa de la comunidad está afectada por el elevado contenido en carbonatos (1500 a 3500 g ps/m²) y el recubrimiento oscila entre el 100 y el 200 %. La riqueza específica de la comunidad no es demasiado elevada pero las especies están laxamente distribuidas en el espacio de tal forma que el área mínima cualitativa de la comunidad es elevada. La baja diversidad de motivo nos indica la baja estructuración de la comunidad.

Los intervalos de valores de los parámetros físicos y químicos que se presentan en los fondos de *maërl* de Tossa son los siguientes: una irradiancia de 1 a 8 MJ/m² año (0.3 a 0.05 % de la irradiancia superficial PAR); una temperatura que oscila entre 12.5 y 21.5°C (media de 14.7°C); unas concentraciones de nitratos y nitritos situadas entre 0.2 y 1 µmol/l; y una concentración de fosfato siempre inferior a 0.06 µmol/l.

AGRADECIMIENTOS

A Pedro Lázaro, excelente compañero de inmersión, sin cuya ayuda no hubiese podido realizar este trabajo.

(Rebut: 12 de desembre de 1986)

Bibliografía

- AFONSO, J. & GIL, M. C. (1982). Sobre la presencia de un fondo de *maërl* en las islas Canarias. Collect. Bot. (Barcelona) 13 (2): 703-708.
- AUGIER, H. & BOUDOURESQUE, C. F. (1978). Végétation marine de l'île de Port Cros (Parc National), XVI: Contribution à l'étude de l'epiflore du détritique côtier. Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros 4: 101-125.
- BALLESTEROS, E. (1984). Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Tesi Doctoral. Universitat de Barcelona.
- BALLESTEROS, E. (1986). Métodos de análisis estructural en comunidades naturales, en particular del fitobentos. Oecol. Aquat. 8: 117-131.
- BALLESTEROS, E., POLO L. & J. ROMERO (1984). Vegetació submarina de les Illes Medes, I. Algues. En Els Sistemes Naturals de les Illes Medes (edits. J. D. Ros, I. Olivella & J. M. Gili). Arxius Secc. Ciències 70: 333-371. Institut d'Estudis Catalans. Barcelona.
- BALLESTEROS, E., J. ROMERO, C. F. BOUDOURESQUE, & PERRET-BOUDOURESQUE, M. (1985). Catàleg de les espècies d'algues marines bentòniques dels Països Catalans. En Plantes Inferiors: 509-514. Vol. IV Història Natural dels Països Catalans. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- BLUNDEN, G., W. F. FARNHAM, N. JEPHSON, R. H. FENN & B. A. PLUNKETT (1977). The composition of *maërl* from the Glenan Islands of Southern Brittany. Bot. Mar. 20: 121-125.
- BLUNDEN, G., W. F. FARNHAM, C. J. BARWELL, R. H. FENN & B. A. PLUNKETT (1981). The composition of

- maërl* beds of economic interest in northern Brittany, Cornwall and Ireland. Proceed. Xth Intern. Seaweed Symp. (edit. T. Levring): 651-656.
- BOUDOURESQUE, C. F. (1971). Méthodes d'étude qualitative et quantitative du benthos (en particulier du phytobenthos). *Téthys* 3 (1): 79-104.
- BOUDOURESQUE, C. F. (1985). Groupes écologiques d'algues marines et phytocoenoses benthiques en Méditerranée Nordoccidentale: une revue. Lab. Arago, Univ. P. et M. Curie & Univ. Luminy.
- BOUDOURESQUE, C. F. & T. BELSHER (1979). Le peuplement algal du port de Port-Vendres: recherches sur l'aire minimale qualitative. *Cah. Biol. Mar.* 20: 259-269.
- BOURCIER, M. (1981). Nouvelles localisations de quelques faciès des fonds détritiques côtiers dans le Parc National de Port-Cros (France, Méditerranée). *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 27 (2): 121-122.
- BUEN, F. (1934). Primera campaña biológica a bordo del Xauen en aguas de Mallorca. *Trabajos Instituto Español de Oceanografía* 6: 7-89.
- CABIOCH, J. (1969). Les fonds de *maërl* de la baie de Morlaix et leur peuplement végétal. *Cah. Biol. Mar.* 10: 139-161.
- CABIOCH, J. (1974). Un fond de *maërl* de l'Archipel de Madère et son peuplement végétal. *Bull. Soc. Phycol. Fr.* 19: 74-82.
- ENGELMANN, T. W. (1883). Farbe und Assimilation. *Bot. Zeit.* 41: 1-13.
- FELDMANN, J. (1937). Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: la côte des Albères. Wolf Rouen.
- FELDMANN, J. (1943). Contribution à l'étude de la flore marine de profondeur sur les côtes d'Algérie. *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N.* 33: 7-14.
- FUNK, G. (1927). Die Algenvegetation des Golfs von Neapel nach neueren ökologischen Untersuchungen. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli* 7 (suppl.): 1-507.
- GIACCONE, G. (1965). Le fitocenosi marine nel settore rosso di Capo Zafferano (Palermo). *Lav. Ist. Bot. Giard. Col. Palermo* 22: 5-71.
- GIACCONE, G., B. SCAMMACCA, F. CENELLI, G. SARTONI & G. FURNARI (1972). Studio preliminare sulla tipologia della vegetazione sommersa del Canale di Sicilia e isole vicine. *Giorn. Bot. Ital.* 106: 211-219.
- HUVÉ, H. (1956). Contribution à l'étude des fonds à *Lithothamnium solutum* (?) Foslie de la région de Marseille. *Rec. Trav. St. Mr. End.* 18 (1): 105-133.
- JACQUOTTE, R. (1962). Etude des fonds de *maërl* de Méditerranée. *Rec. Trav. St. Mar. End.*, 26: 141-235.
- JOHANSEN, H. W. (1981). *Coralline Algae: A first synthesis*. C.R.C. Press. Boca Raton. Florida.
- KIRK J. T. O. (1983). *Light and photosynthesis in Aquatic ecosystems*. Cambridge University. Cambridge.
- LAUBIER, L. (1966). Le coralligène des Albères. Monographie biocénotique. *Ann. Inst. Océanogr.* 43: 137-316.
- LITTLER, M. M. (1976). Calcification and its role among the Macroalgae. *Micronesica* 12 (1): 27-41.
- LITTLER, M. M., D. S. LITTLER, S. M. BLAIR & J. M. NORRIS (1985). Deepest Known Plant Life Discovered on an uncharted Seamount. *Science* 227 (4682): 57-59.
- LUNING, K. & M. J. DRING (1979). Continuous underwater light measurements near Helgoland (North Sea) and its significance for characteristic light limits in the sublittoral regions. *Helgol. wiss. Meeresunters* 32: 403-424.
- NÉDÉLEC, H., 1979: Étude structurale et problèmes d'échantillonnage dans une phytocoenose portuaire. *Mém. Univ. P. et M. Curie. Marseille-Luminy*.
- NIELL, F. X. (1974). Les applications de l'index de Shannon à l'étude de la végétation intertidale. *Soc. Phycol. Fr. Bull.* 19: 238-254.
- OLLIVIER, G. (1929). Étude de la flore marine de la côte d'Azur. *Ann. Inst. Océanogr.* 7(3): 53-173.
- PARENZAN, P. (1960). Aspetti biocenti dei fondi ad Alghe litoprodottrici del Mediterraneo. *Rapp. Comm. int. Mer. Médit.* 15(2): 87-107.
- WEINBERG, S. & A. CORTEL BREEMAN (1978). The estimation of the yearly cycle of submarine irradiance for ecological purposes: A methodological example based on data from Banyuls sur Mer. *Bijdragen tot de Dierkunde* 48: 35-44.