



**AVALUACIÓ DE LA QUALITAT AMBIENTAL DE LES MASSES
D'AIGUA COSTANERES UTILITZANT LES MACROALGUES I ELS
INVERTEBRATS BENTÒNICS COM A BIOINDICADORS**

INFORME FINAL 2009-2010



**IMPLEMENTACIÓ DE LA DIRECTIVA MARC DE L'AIGUA
A LES ILLES BALEARS**

Director del Projecte:

Alfredo Barón Périz
Direcció General Recursos Hídrics

Coordinador:

Fernando Orozco Conti
FOA Ambiental S.L.

Directors Científics:

Dr. Enric Ballesteros i Dra. Susana Pinedo
Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC)

Realització de la feina:

Dra. Begoña Martínez-Crego, M^aÀngels Vich, Marta Díaz-Valdés, Marc Terradas,
Edgar Casas i Maria Cefalí.

Col.laboradors:

Esther Jordana, Maria Paola Satta, Xavier Torras, Boris Weitzmann i Maria Monia Flagella.

ÍNDEX

INTRODUCCIÓ1

CAPÍTOL 1: XARXES DE VIGILÀNCIA I OPERATIVA BASADES EN ELS MACROINVERTEBRATS DE FONS TOUS3

INTRODUCCIÓ	3
METODOLOGIA	4
<i>Selecció de les estacions i mostreig</i>	4
<i>Caracterització fisicoquímica del sediment</i>	12
Contingut en matèria orgànica.....	13
Anàlisi granulomètrica	13
Concentració de metalls	14
Relació isotòpica de C i N ($\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$).....	15
Tractament de dades fisicoquímiques.....	15
<i>Caracterització de les comunitats</i>	16
<i>Relació de les comunitats amb les variables ambientals</i>	18
<i>Avaluació de l'estat ecològic: Aplicació de l'índex MEDOCC</i>	18
Condicions de referència	19
Obtenció de l'EQR i l'indadors entre estats ecològics.....	20
Comparació dels índex MEDOCC i BOPA.....	21
RESULTATS	24
<i>Caracterització fisicoquímica del sediment</i>	24
Resultats dels paràmetres fisicoquímics	24
Resultats del tractament de les dades fisicoquímiques	28
<i>Caracterització de les comunitats</i>	36
<i>Relació de les comunitats amb les variables ambientals</i>	45
<i>Avaluació de l'estat ecològic</i>	47
Aplicació de l'índex MEDOCC i obtenció de l'EQR.....	47
Comparació dels índex MEDOCC i BOPA.....	62
CONCLUSIONS	65
<i>Caracterització fisicoquímica del sediment</i>	65
<i>Caracterització de la comunitat</i>	66
<i>Avaluació de l'estat ecològic</i>	67

CAPÍTOL 2: XARXA DE INVESTIGACIÓ BASADA EN ELS MACROINVERTEBRATS DE FONS TOUS71

OBJECTIUS.....	71
ESTUDI DE L'ORIGEN DE LA MATÈRIA ORGÀNICA	71
<i>Introducció</i>	71
<i>Metodologia</i>	72
<i>Resultats</i>	73
<i>Conclusions</i>	76

ESTUDI DE LA SUCCESSIÓ DE LES COMUNITATS DE MACROINVERTEBRATS AL LLARG D'UN GRADIENT ANTRÒPIC	77
<i>Introducció</i>	77
<i>Metodologia</i>	77
Mostreig i anàlisi de les mostres.....	77
Caracterització físicoquímica del sediment	78
Relació dels canvis en la comunitat amb les variables ambientals	78
Caracterització dels canvis en la comunitat i avaluació de l'estat ecològic	78
<i>Resultats</i>	79
Caracterització físicoquímica del sediment	79
Caracterització dels canvis en la composició de la comunitat	90
Relació dels canvis en les comunitats amb les variables ambientals	92
Avaluació de l'estat ecològic: Aplicació de l'índex MEDOCC	94
<i>Conclusions</i>	96
CAPÍTOL 3: XARXA DE VIGILÀNCIA BASADA EN LES MACROALGUES DE LA ZONA LITORAL	99
INTRODUCCIÓ	99
METODOLOGIA	99
<i>Prospecció visual</i>	99
<i>Tractament de dades</i>	102
RESULTATS	105
<i>Comunitats litorals presents l'any 2009 al litoral balear</i>	106
<i>Estat ecològic del litoral balear: l'índex EQR</i>	147
CONCLUSIONS	152
CAPÍTOL 4: XARXA OPERATIVA BASADA EN LES MACROALGUES DE LA ZONA LITORAL.....	155
INTRODUCCIÓ	155
METODOLOGIA	155
<i>Selecció de les estacions i mostreig</i>	155
<i>Tractament de dades</i>	161
RESULTATS	162
CONCLUSIONS	172
CONCLUSIONS GENERALS	173
BIBLIOGRAFIA	179
ANNEX I. TAULES.....	183
ANNEX II. FOTOGRAFIES	191
ANNEX III. PUBLICACIONS CIENTÍFIQUES.....	197

INTRODUCCIÓ

La Directiva Marc de l'Aigua (DMA 2000/60/CEE) estableix les bases per a la vigilància, protecció i millora de l'estat ecològic dels sistemes aquàtics dins dels països membres de la Unió Europea. El principal objectiu de la DMA és assolir (o mantenir) almenys un estat ecològic bo a les masses d'aigua europees per a l'any 2015. Aquesta Directiva introdueix l'ús obligatori de bioindicadors per avaluar l'estat ecològic dels sistemes aquàtics. Per a les aigües costaneres marines, els organismes que s'han fet servir com a bioindicadors (*“Biological Quality Elements”*, BQE) són: fitoplàncton, macroalgues, macroinvertebrats i angiospermes.

A nivell de l'Estat Espanyol, cada comunitat autònoma és responsable d'aplicar aquesta Directiva, i el Govern de les Illes Balears, per les competències que té transferides en matèria mediambiental, és qui l'ha de desenvolupar a la seva autonomia. Per a contribuir a donar-li compliment en l'àmbit de les aigües costaneres, l'Institut Balear de l'Aigua i del Litoral (IBAL) va encarregar el present treball al Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC) mitjançant el conveni de col·laboració *“Estudi de confirmació de l'avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant les macroalgues i els macroinvertebrats bentònics com a bioindicadors”* (2009-2010). Aquest treball és la continuació del conveni de col·laboració *“Implementació de la DMA a les Illes Balears: Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant les macroalgues i els macroinvertebrats bentònics com a bioindicadors”* (2005-2007), i té la finalitat de continuar l'avaluació de l'estat ecològic de les aigües costaneres de les Illes Balears utilitzant com a elements biològics de qualitat (BQE): (i) els macroinvertebrats dels fons tous infralitorals, i (ii) les macroalgues de la zona litoral.

Seguint les directrius del programa d'implementació, per a cada bioindicador, s'han desenvolupat tres tipus de xarxes de seguiment: vigilància, operativa i investigació. La xarxa de vigilància té per objectiu avaluar l'estat ecològic de les aigües i examinar la incidència de l'activitat humana. La xarxa operativa s'adreça a les masses d'aigua amb risc d'incompliment dels objectius de la DMA, i als canvis d'estat que en ella es produeixin. Finalment, la xarxa de investigació s'adreça, per una banda, a investigar les possibles causes que originen el deteriorament de l'estat ecològic una vegada aquest ha estat detectat, i per l'altra, a solucionar possibles problemes metodològics detectats durant la implementació dels programes de mesures.

En aquest informe final es presenta el resum de les activitats realitzades durant el període 2009-2010, tot i que cal dir que les mostres d'invertebrats s'obtingueren al juny-juliol de 2007. Apart de la feina de monitorització engegada el període 2005-2007, presentem aquí els resultats de l'estudi de l'origen de la matèria orgànica present al sediment dins de la xarxa de investigació dels

fons tous mitjançant la mesura de la relació isotòpica de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ($\delta^{13}\text{C}$) i de $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$ ($\delta^{15}\text{N}$) d'aquestes mateixes mostres. Per altra banda, i també dins d'aquesta xarxa de investigació, es presenten els resultats de l'estudi dels canvis en la composició de les comunitats de macroinvertebrats bentònics al llarg d'un gradient d'enriquiment orgànic a partir de mostres agafades al juny de 2009 al port de S'Arenal.

Pel que fa a les macroalgues de la zona litoral, el 2006 només es va cartografiar un 32% de la costa balear amb la metodologia CARLIT. En aquest informe, es presenten els resultats de l'avaluació del 100% de la costa durant l'any 2009. Per últim, l'estudi detallat de les comunitats algals de la zona litoral amb la metodologia BENTHOS es va realitzar el 2006 només a zones en molt bon estat, mentre que al present treball s'han mostrejat les masses d'aigua sotmeses a una major pressió antròpica. L'objectiu és, per una banda, confirmar l'estat d'aquestes masses d'aigua avaluat mitjançant la metodologia CARLIT, i per l'altra, veure si en una mateixa massa d'aigua les pressions antròpiques es distribueixen de manera heterogènia.

Per tant, dins del marc del present projecte es desenvolupen:

Capítol 1. Les xarxes de vigilància i operativa per a avaluar l'estat ecològic de les aigües costaneres en funció dels macroinvertebrats de fons tous (índex MEDOCC). Mostres agafades al juny – juliol de 2007.

Capítol 2. La xarxa de investigació desenvolupada per a l'estudi dels fons tous. Mostres agafades al juny – juliol de 2007 per a l'anàlisi d'isòtops, i al juny de 2009 per a l'estudi del gradient del port de S'Arenal.

Capítol 3. La xarxa de vigilància per a avaluar l'estat ecològic de les aigües costaneres en funció de les macroalgues dels substrats rocosos de la zona litoral (metodologia CARLIT). Mostreig d'abril - juny de 2009.

Capítol 4. La xarxa operativa basada en les macroalgues dels substrats rocosos de la zona litoral (metodologia BENTHOS). Mostres agafades a l'abril - juny de 2009.

CAPÍTOL 1: XARXES DE VIGILÀNCIA I OPERATIVA BASEDES EN ELS MACROINVERTEBRATS DE FONS TOUS

INTRODUCCIÓ

L'objectiu d'aquest estudi és avaluar l'estat ecològic de les aigües costaneres de les Illes Balears a partir de la composició de les comunitats de macroinvertebrats bentònics de fons tous sedimentaris de l'infraitoral. Les principals característiques que fan que els macroinvertebrats bentònics siguin adients per a una bona mesura de l'estat ecològic de les aigües costaneres són: (1) la seva naturalesa sedentària i longevitat fa que puguin reflectir les condicions locals integrades al llarg del temps, tant de la columna d'aigua com del sediment; (2) la seva localització en els primers centímetres del sediment on els contaminants s'acumulen i on es poden donar processos d'hipòxia; i (3) el fet que les comunitats estan formades per organismes que presenten diferents graus de sensibilitat i/o tolerància a les pertorbacions segons la seva capacitat d'adaptació als canvis.

Dins d'aquest treball s'analitzen les principals variables físicoquímiques considerades com a determinants de l'estat de les comunitats dels fons tous, es caracteritzen les comunitats de macroinvertebrats, i s'estudia la relació entre les comunitats observades i les variables ambientals. En aquesta part de la feina, s'han considerat conjuntament les dades del mostreig de 2007 (xarxes de vigilància i operativa) i de 2009 (xarxa de investigació), per tal d'obtenir una visió global dels diferents ambients estudiats a les Illes Balears (aigües obertes, tancades i modificades).

Per últim, l'avaluació de l'estat ecològic es realitza mitjançant l'aplicació de l'índex MEDOCC, seguint la metodologia que es va establir a l'exercici anterior (informe final de 2007). A més, es comparen, per una banda, els resultats de l'aplicació de l'índex MEDOCC a les estacions coincidents del mostreig de 2005 (exercici anterior) i de 2007 (present exercici), i per l'altra banda, els resultats dels estats ecològics obtinguts amb l'aplicació de l'índex MEDOCC i de l'índex BOPA.

METODOLOGIA

Selecció de les estacions i mostreig

El número de masses d'aigua (MA) definides pel Govern de les Illes Balears ha estat de 31, de les quals 10 es troben a Eivissa i Formentera, 16 a Mallorca i 5 a Menorca. Quatre d'aquestes masses d'aigua (1 a Menorca, 1 a Eivissa i 2 a Mallorca) són discontinues, i es van dividir en sectors anomenats amb sufixes (A i B a Eivissa i Mallorca i A, B i C a Menorca). Al llarg del present informe s'han avaluat cadascun d'aquests sectors per separat, el que fa un total de 36 sectors de costa avaluats. Utilitzarem el terme massa d'aigua només en els casos que aquestes no estiguin sectoritzades.

Durant l'any 2005, es van mostrejar dues estacions per a cadascuna de les 31 masses d'aigua definides a les Illes Balears, amb algunes estacions addicionals, fent un total de 76 estacions. En aquell estudi l'estat ecològic només es va obtenir per a les 45 estacions amb sediments fins, ja que els ambients amb sediments gruixuts estan associats a un elevat hidrodinamisme i les comunitats que s'hi troben no reflecteixen la qualitat de l'aigua (veure informe final de 2007). Per intentar substituir les estacions de sediment massa gruixut per d'altres de sediment fi (adient per a l'avaluació de la qualitat), durant l'any 2007 van modificar-se les posicions d'algunes estacions, eliminant-se les 21 de sediment gruixut, i afegint-ne 17 de noves de tal forma que es van mostrejar un total de 72 estacions (figs. 1-3 i taula 1). Degut a les dificultats per trobar un substrat adequat, no es va mostrejar cap estació de la massa d'aigua FO-10. D'aquestes 72 estacions, 48 estacions formen part de la xarxa de vigilància i 24 estacions de la xarxa operativa. La situació geogràfica de les estacions estudiades es presenta per illes a la figura 1 (Eivissa i Formentera), figura 2 (Mallorca i Cabrera) i figura 3 (Menorca).

Per fer la selecció de les estacions incloses a la xarxa operativa (figs. 1-3 i taula 1), es van consultar els resultats obtinguts l'any 2005 (veure informe final de 2007), i es van escollir les següents 24 estacions:

- A la massa d'aigua del port de Maó (estacions 68, 69, 70, 71 i 73), que es va classificar com a estat ecològic *Moderat*.
- A la massa d'aigua de la badia de Fornells (estacions 61, 62, 63 i 64), que tot i presentar un valor promig *Bo*, va incloure estacions en estat *Moderat*.
- Les estacions de cala Mondragó (37) i cala Llombards (38) que reben l'aport d'aigua dolça de rieres, i l'estació 56 propera a l'emissari de la platja de Sant Elm. Totes tres estacions, tot i

presentar un estat *Bo*, estan properes al llindar inferior d'aquesta categoria i cal destinar majors esforços per garantir el manteniment del seu estat ecològic.

- Les estacions sotmeses a una major pressió antròpica de Santa Eulària (5 i 6), Talamanca (9), i cala Tarida (18) a Eivissa, i de les badies d'Alcúdia (30 i 31), Palma (47, 48, 49 i 50), i Sóller (59 i 60) a Mallorca. D'aquestes, l'estació de Ses Roquetes a Santa Eulària (6), tot i presentar un estat ecològic *Molt bo* al mostreig de 2005, va presentar concentracions de plom i mercuri al sediment per sobre del valor d'ERL (amb possibles efectes adversos sobre els organismes) probablement associats a l'emissari de S'Estanyol (Sa Caleta).

Cal recordar que, observant els resultats obtinguts a l'exercici anterior, el port de Maó i la badia de Fornells mostren diferències en base a la composició de les comunitats dels fons tous. El port de Maó s'inclou actualment dins les *aigües molt modificades*. Pel que fa a la badia de Fornells, es proposa que sigui considerada com a tipus *indret tancat amb escassa renovació* (tipus proposat a partir dels factors operatius del sistema B de la classificació per a les aigües costaneres de l'Annex II de la DMA), donat que tant les seves característiques geomorfològiques com les comunitats que hi viuen són diferents a les de les aigües costaneres obertes.

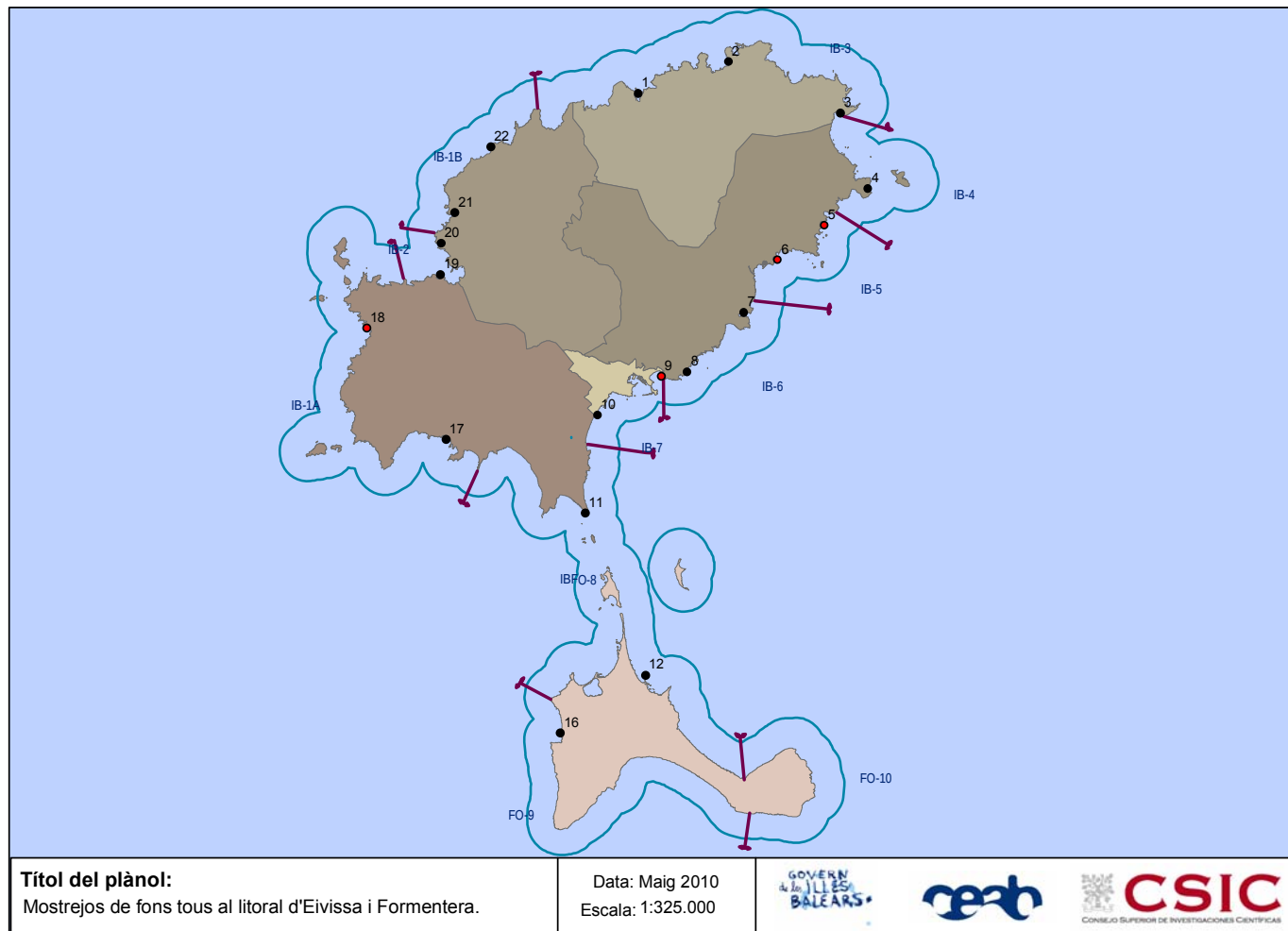


Figura 1. Situació dels sectors de costa i de les estacions mostrejades a Eivissa i Formentera dins de les xarxes de vigilància (negre) i operativa (vermell) de fons tous. Mostreig de 2007.

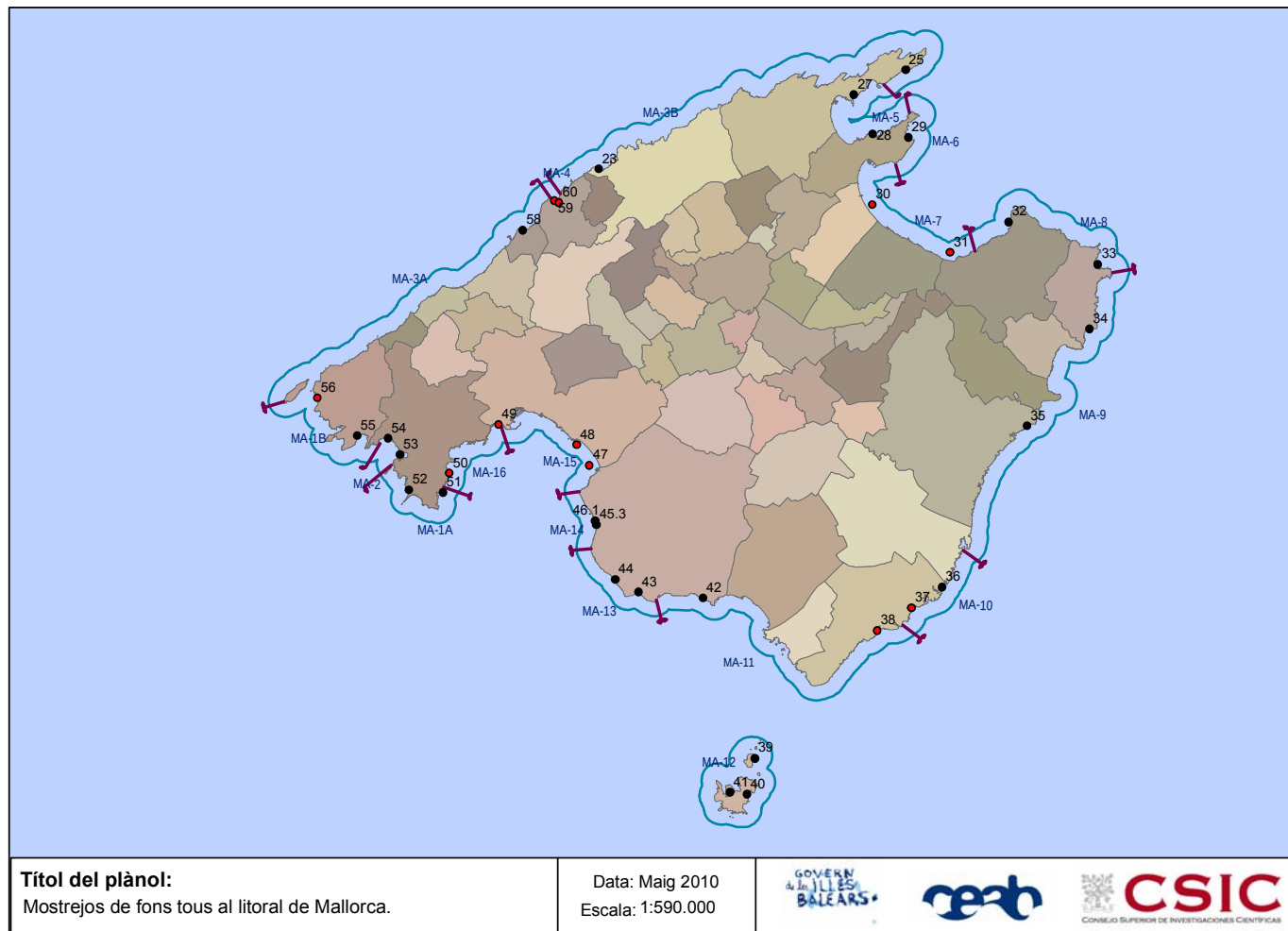


Figura 2. Situació dels sectors de costa i de les estacions mostrejades a Mallorca i Cabrera dins de les xarxes de vigilància (negre) i operativa (vermell) de fons tous. Mostreig de 2007.

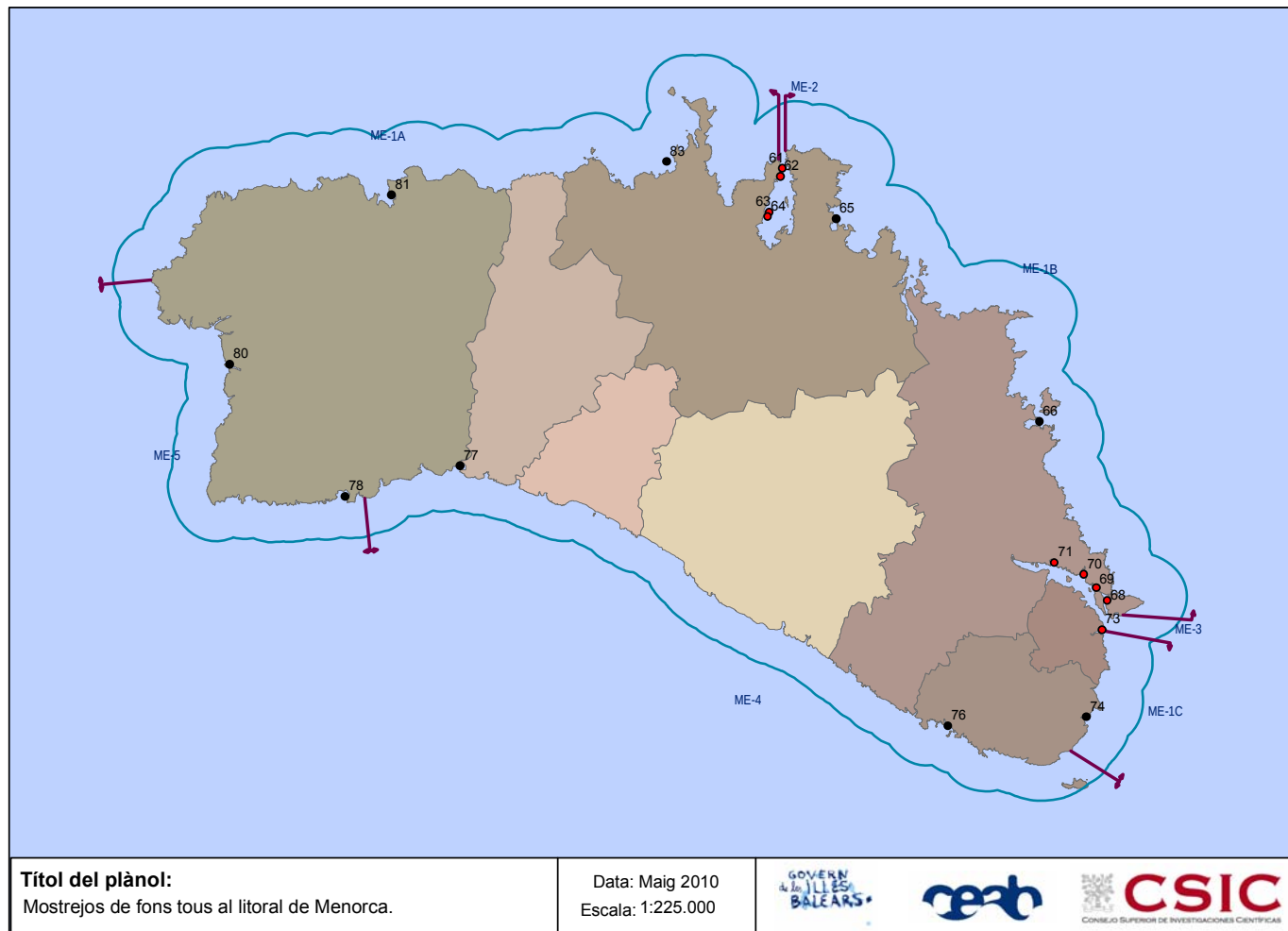


Figura 3. Situació dels sectors de costa i de les estacions mostrejades a Menorca dins de les xarxes de vigilància (negre) i operativa (vermell) de fons tous. Mostreig de 2007.

Taula 1. Relació de les estacions de fons tous mostrejades durant els anys 2005 i 2007, indicant els sectors de costa o massa d'aigua (MA), les coordenades (X,Y, en graus i minuts), i el tipus d'ambient. Les estacions de la xarxa operativa es ressalten en color groc i les estacions noves en negreta. (-): Estacions mostrejades el 2005 i no mostrejades el 2007.

Illa	MA	Estació 2007/2005	Codi	X	Y	Ambient
Eivissa	IB-3	Port de Sant Miquel	1	39°05,118	01°26,369	Aigües obertes
	IB-3	Cala Xarraca (Xuclà)	2	39°06,317	01°30,544	
	IB-4	Cala Sant Vicent	3	39°04,527	01°35,786	
	IB-4	Cala Negra	4	39°01,801	01°37,116	
	IB-4	Cala Boix	4A	-	-	
	IB-5	Cala Nova	5	39°00,466	01°35,120	
	IB-5	Sta. Eulària -Ses Roquetes	6	38°59,177	01°32,975	
	IB-6	Cala Llonga	7	38°57,253	01°31,442	
	IB-6	Cala Roja (nord)	8	38°55,072	01°28,867	
	IB-7	Cala Talamanca	9	38°54,899	01°27,660	
	IB-7	Platja d'en Bossa	10	38°53,447	01°24,738	
	IBFO-8	Punta de sa Torre	11	38°49,908	01°24,255	
	IBFO-8	Freu Petit-Illa des Penjats (N)	11A	-	-	
Formentera	IBFO-8	Illa de ses Porreres	12	38°44,073	01°27,173	Aigües obertes
	IBFO-8	Es Pujols - Punta Prima	12A	-	-	
	FO-10	Racó de sa Pujada	13A	-	-	
	FO-10	Punta de sa Palmera	14A	-	-	
	FO-9	Platja de Migjorn	15A	-	-	
	FO-9	Caló d'en Trull / Cala Saona	16	38°41,925	01°23,282	
Eivissa	IB-1A	Sa Caixota	17	38°52,473	01°17,745	
	IB-1A	Cala Tarida	18	38°56,451	01°13,966	
	IB-2	Caló de s'Oli	19	38°58,437	1°17,342	
	IB-2	Port d'es Torrent	19A	-	-	
	IB-2	Cala Gració	20	38°59,572	1°17,342	
	IB-2	Caló des Moro	20A	-	-	
	IB-1B	Cala Salada	21	39°00,693	1°17,952	
Mallorca	IB-1B	Ses Balandres	22	39°03,088	1°19,568	
	MA-3B	Sa Taleca	23	39°49,817	2°44,927	
	MA-3B	Formentor - Cala Figuera	24A	-	-	
	MA-3B	Cala Murta	25	39°54,471	3°10,942	
	MA-5	Cala Formentor	26A	-	-	
	MA-5	Badia de Pollença - el Caló/Hotel Formentor	27	39°54,727	3°06,714	
	MA-5	Badia de Pollença - Mal Pas	28	39°52,141	3°08,319	
	MA-6	Badia d'Alcúdia - Coll Baix	29	39°51,898	3°11,359	
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	39°47,476	3°08,247	
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de sa Canova	31	39°44,333	3°14,880	
	MA-8	Betlem - Es Caló	32	39°45,661	3°27,463	
	MA-8	Cala Agulla	33	39°43,528	3°27,463	
	MA-9	Canyamel	34	39°32,915	3°21,379	
	MA-9	Cala Petita	35	39°39,282	3°26,721	
	MA-10	Cala d'Or	36	39°22,354	3°14,118	
	MA-10	Porto Colom - Cala Estreta	36A	-	-	
	MA-10	Cala Mondragó	37	39°21,000	3°11,526	
	MA-11	Cala Llombards	38	39°19,518	3°08,617	
Cabrera	MA-12	Conillera - Es Blanquer	39	39°11,117	2°58,264	
	MA-12	Cabrera - l'Olla	40	39°08,760	2°57,609	
	MA-12	Cabrera - Port Cabrera	41	39°08,884	2°56,161	

Illa	MA	Estació 2007/2005	Codi	X	Y	Ambient
Mallorca	MA-11	Punta de sa Cova des Coloms	42	39°21,646	2°53,874	
	MA-13	Cotimplà	43	39°22,044	2°48,403	
	MA-13	Cap Roig	44	39°22,843	2°46,427	
	MA-14	Cap de Regana - sa Fossa	45	39°26,711	2°44,699	
	MA-14	Cap de Regana	45A	-	-	
	MA-14	Cap Enderrocat - es Devallador	46	39°26,000	2°44,761	
	MA-14	Cap Enderrocat	46A	-	-	
	MA-15	Badia de Palma – S'Arenal	47	39°30,358	2°44,215	
	MA-15	Badia de Palma - Can Pastilla	48	39°31,694	2°43,123	
	MA-16	Badia de Palma - Cala Major/Marivent	49	39°33,010	2°36,491	
	MA-16	Badia de Palma - Cala Vinyes	50	39°28,756	2°31,660	
	MA-1A	Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	39°28,750	2°31,658	
	MA-1A	Badia de Palma - Illa del Sec	51A	-	-	
	MA-1A	Es Banc d'Eivissa	52	39°28,683	2°28,902	
	MA-2	Platja de Sta. Ponça	53	39°30,993	2°28,135	
	MA-2	Peguera Palmira	54	39°32,077	2°27,094	
	MA-1B	Cala en Cranc	55	39°32,212	2°24,495	
	MA-1B	Sant Elm	56	39°34,690	2°21,093	
	MA-3A	Cala en Basset	57A	-	-	
	MA-3A	Cala Deià	58	39°45,785	2°38,485	
	MA-4	Port Sóller (far / Cap Gros)	59	39°47,720	2°41,678	
	MA-4	Platja Sóller	60	39°47,613	2°41,560	
Menorca	ME-2	Badia de Fornells (entrada)	61	40°03,594	4°08,092	Indret tancat
	ME-2	Port de Fornells	62	40°03,388	4°08,025	
	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	40°02,492	4°07,648	
	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (S)	64	40°03,003	4°07,872	
	ME-1A	Cap Gros / Cala Pudent	65	40°02,310	4°09,817	Aigües obertes
	ME-1B	Es Grau	66	39° 57,163	4°16,354	
	ME-3	Port de Maó - es Clot	67A	-	-	Aigües modificades
	ME-3	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	39°52,652	4°18,482	
	ME-3	Port de Maó - Illa Plana	69	39°52,974	4°18,122	
	ME-3	Port de Maó - Cala Llonga	70	39°03,294	4°17,760	
	ME-3	Port de Maó - Cala Rata	71	39°53,621	4°16,779	
	ME-3	Port de Maó - Castell St. Felip	72A	-	-	
	ME-3	Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	39°51,925	4°18,295	Aigües obertes
	ME-1C	Alcalfar/S'Algar	74	39°49,742	4°17,749	
	ME-4	Illa de l'Aire	75A	-	-	
	ME-4	Binisafulla	76	39°49,566	4°13,238	
	ME-4	Cala Galdana	77	39°56,235	3°57,469	
	ME-5	Arenal son Saura	78	39°55,494	3°53,713	
	ME-5	S'Aigua Dolça	79A	-	-	
	ME-5	Cala Santandria	80	39°58,830	3°49,995	
	ME-1A	Algaiarens	81	40°03,039	3°55,329	
	ME-1A	Cala Pilar	82A	-	-	
	ME-1A	Platja Cavalleria	83	40°03,793	4°04,310	
	ME-1A	Arenal de Tirant	84A	-	-	

Tal com s'ha esmentat anteriorment, per estudiar en detall cadascun dels diferents ambients mostrejats a la costa balear, en aquesta primera part de la feina es treballen conjuntament les dades de les xarxes de vigilància i operativa amb les dades de la xarxa de investigació.

Dins de la xarxa de investigació de l'any 2009, es va mostrejar al llarg d'un gradient de influència antròpica a la zona del port de S'Arenal (veure taula 2). L'origen del gradient va establir-se, per una banda, a la bocana del port del Club Nàutic de S'Arenal, mostrejant-se tres transsectes en tres direccions diferents cap a l'exterior del port (aigües obertes). Cada transsecte va tenir quatre punts de mostreig iniciant-se a la bocana (G1, G2, G3), a 15 m (G4, G8, G11), a 50 m (G5, G9, G12), i a 400 metres (G7, G10, G13), afegint-se un punt addicional intermig (G6) a un dels transsectes per tal d'obtenir una millor distribució de les estacions. Per l'altra banda, es va mostrejar en un altre transsecte, sense sortir del port (aigües molt modificades), prenent com a origen la desembocadura del torrent de Son Verí. En aquest transsecte es van agafar tres punts, un a la desembocadura (P1) i dos a les cubetes següents (P2 i P3). Es van mostrejar un total de 16 punts o estacions.

Taula 2. Relació de les 16 estacions mostrejades a S'Arenal (Mallorca) durant l'any 2009 dins de la xarxa de investigació, indicant les coordenades (X,Y, en graus i minuts).

Transsecte	Codi de l'estació	Distància al port (m)	X	Y	Ambient
Port (interior)	P1	Interior	39° 30,038'	2° 45,006'	Aigües modificades
Port (mig)	P2	Interior	39° 30,075'	2° 44,937'	
Port (exterior)	P3	Interior	39° 30,094'	2° 44,891'	
Gradient 1 (bocana)	G1	0	39° 30,184'	2° 44,856'	Aigües obertes
Gradient 2 (bocana)	G2	0	39° 30,167'	2° 44,845'	
Gradient 3 (bocana)	G3	0	39° 30,170'	2° 44,830'	
Gradient 1	G4	15	39° 30,188'	2° 44,847'	
Gradient 1	G5	50	39° 30,205'	2° 44,848'	
Gradient 1	G6	100	39° 30,241'	2° 44,843'	
Gradient 1	G7	400	39° 30,412'	2° 44,827'	
Gradient 2	G8	15	39° 30,179'	2° 44,844'	
Gradient 2	G9	50	39° 30,192'	2° 44,834'	
Gradient 2	G10	400	39° 30,364'	2° 44,715'	
Gradient 3	G11	15	39° 30,176'	2° 44,822'	
Gradient 3	G12	50	39° 30,175'	2° 44,799'	
Gradient 3	G13	400	39° 30,163'	2° 44,546'	

El mostreig dels fons tous, es va realitzar durant els mesos de juny i juliol de 2007 (72 estacions) i juny de 2009 (16 estacions), des d'una embarcació pneumàtica amb una draga van Veen d'una superfície de 600 cm². Per a cada estació es van recollir 2 rèpliques. De cadascuna de les dragues recollides, es van agafar els primers centímetres superficials de sediment, i es van guardar en dos recipients de plàstic, un per a l'anàlisi granulomètric i de matèria orgànica, i l'altre per a l'anàlisi de

metalls i de traces isotòpiques, mantenint-se al congelador (-20°C) fins al moment de ser processats. La resta del material recollit es va filtrar per una malla de 500 µm, es va conservar fixant-lo amb formol al 4%, i es va afegir Rosa de Bengala per tenyir els organismes i facilitar la seva separació al laboratori. Les coordenades geogràfiques de cada estació de mostreig es van agafar mitjançant un GPS.

Caracterització fisicoquímica del sediment

De les 72 estacions mostrejades, la del cap de Regana (45) i la del cap Enderrocat (46) són estacions de prova per intentar trobar sediments fins. A cadascuna d'aquestes estacions es van mostrejar 3 punts diferents, on es va realitzar l'anàlisi granulomètric del sediment. A més, a un punt del cap de Regana (45) es van agafar mostres per a l'anàlisi del contingut en matèria orgànica, mentre que a un punt del cap Enderrocat (46) també es van agafar mostres per a la resta d'anàlisis fisicoquímics. En cap d'aquestes dues estacions es van agafar mostres biòtiques.

Els principals paràmetres fisicoquímics considerats com a determinants de l'estat de les comunitats dels fons tous infralitorals, així com els mètodes utilitzats per a la seva mesura, es resumeixen a la taula 3, i es detallen en les següents seccions.

Taula 3. Llistat de paràmetres fisicoquímics estudiats i de les seves unitats i mètodes de mesura.

Paràmetre	Unitats	Mesura
Matèria orgànica (MO)	%	A partir del pes abans i després de la combustió de la part orgànica a la mufla
Fondària	m	<i>In situ</i> amb sonda (ECHOTEST II)
Gra mig	µm	MASTERSIZER 2000
Fins	%	
Alumini (Al)	µg/g	ICP-Òptic després de la digestió àcida
Ferro (Fe)	µg/g	
Níquel (Ni)	µg/g	ICP-Masses després de la digestió àcida
Zinc (Zn)	µg/g	
Coure (Cu)	µg/g	
Plom (Pb)	µg/g	
Vanadi (V)	µg/g	
Cadmi (Cd)	µg/g	
Mercuri (Hg)	µg/g	
Seleni (Se)	µg/g	
Arsènic (As)	µg/g	
Crom (Cr)	µg/g	
Carboni (C) i nitrogen (N)	%	Anàlisi elemental (C i N) i espectrometria de masses per a relacions de isòtops estables (IRMS)
Traces $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$	‰	

Contingut en matèria orgànica

Les mostres de sediment es van descongelar al laboratori, i amb una cullera es va posar una porció de sediment en paper de plata a l'estufa a 70° C durant 24 hores. Posteriorment, es van pesar uns 10 g de sediment i es van posar en un gresol prèviament tarat dins una mufla a 500° C durant 4 hores. El percentatge de matèria orgànica es va calcular a partir del pes de la mostra abans i després de la combustió de la part orgànica del sediment.

Anàlisi granulomètrica

Per a la realització de l'anàlisi granulomètrica, la resta de sediment descongelat es va tractar amb peròxid d'hidrogen al 6% durant 3-4 dies, per tal d'eliminar les restes de matèria orgànica. Després es va posar a l'estufa a 60-80°C durant 48 hores. La mida de gra mig i el volum de les diferents fraccions es va obtenir mitjançant l'analitzador MASTERSIZER 2000 (Malvern Instruments Ltd., UK). Aquest aparell determina la distribució de la mida de partícules mitjançant un sistema de difracció làser que proporciona una mida de gra equivalent al diàmetre d'una esfera amb el volum total de la partícula que es mesura. L'analitzador MASTERSIZER té l'avantatge de poder mesurar un gran nombre de mostres en poc temps, i per tant, d'optimitzar el temps de treball respecte al mètode tradicional dels tamisos.

La fracció de mida de gra superior a 2 mm es va tamisar, al no ser d'una grandària adient per a l'analitzador, calculant-ne el percentatge d'aquesta fracció a partir del pes sec. Els resultats de la mida de gra mig (en volum de mostra), s'han expressat segons l'escala Wentworth (taula 4).

Taula 4. Categoria del sediment en funció de la mida de gra mig segons l'escala Wentworth.

Categoria del sediment	Mida del gra mig (μm)
Grava	$\phi > 1000$
Sorra molt gruixuda	$750 < \phi < 1000$
Sorra gruixuda	$500 < \phi < 750$
Sorra mitjana	$250 < \phi < 500$
Sorra fina	$125 < \phi < 250$
Sorra molt fina	$63 < \phi < 125$
Fangs	$\phi < 63$

Concentració de metalls

Per a l'anàlisi de metalls, les mostres es van liofilitzar durant 48 hores. Per a cada mostra es van pesar 0,1g de sediment i es van digerir en recipients de tefló en una solució d'àcid nítric 35% suprapur (2 ml) i de peròxid d'hidrogen 30% suprapur (1 ml) a l'estufa a 90° C durant 15-16 hores. Durant el procés també es van analitzar 18 blancs. La solució de sediments digerida es va diluir amb aigua Mili-Q, i es va guardar a la nevera en tubs de polietilè. La concentració de metalls a la solució es va determinar mitjançant un espectrofotòmetre d'inducció de plasma acoblat òptic (ICP-O; Fe i Al) i de masses (ICP-MS; Zn, Cu, Ni, Pb, V, Cd, Hg, Se, As i Cr) als Serveis Científic-Tècnics de la Universitat de Barcelona (SCT-UB). Els valors s'expressen en micrograms de metall per gram de sediment sec (µg/g).

S'han analitzat les concentracions de zinc (Zn), coure (Cu), plom (Pb), vanadi (V), cadmi (Cd), mercuri (Hg), níquel (Ni), seleni (Se), arsènic (As) i crom (Cr). A diferència del 2005, s'han afegit els últims quatre elements esmentats. El Ni i el Pb pertanyen a la llista de substàncies prioritàries, i el Cd i el Hg a la llista de substàncies perilloses definides al Annex II de la Directiva 2008/105/CE (que modifica la DMA). L'As, Cu, Ni, Pb, Se, Cr i Zn, pertanyen a la llista de substàncies perilloses incloses a l'Annex I de la llei orgànica 42/2007 (BOE n. 299). També s'ha analitzat el contingut d'alumini (Al) i ferro (Fe), elements que estan presents en concentracions elevades de forma natural, i que proporcionen informació sobre les característiques litogèniques del sediment.

La Directiva 2008/105/CE (que modifica la DMA) no especifica el llinar de qualitat per a aquestes substàncies mesurades al sediment, però estableix un grau de protecció com a mínim igual al establert per a les aigües superficials. Donat que no s'ha establert cap llinar de qualitat per a la concentració de metalls pesants al sediment marí, i per tal d'avaluar les concentracions de metalls obtingudes a la costa balear, s'han utilitzat com a valors de referència els establerts per Long *et al.* (1995) a partir de la recopilació de dades químiques i biològiques. Aquests autors van determinar dos valors de referència (taula 5): l'ERL (*Effects Range Low*) i l'ERM (*Effects Range Median*), que defineixen tres rangs de concentracions que estan associats a efectes adversos sobre els organismes, i que poden donar-se: (1) rarament (valors més baixos que l'ERL), (2) ocasionalment (valors compresos entre l'ERL i l'ERM), i (3) freqüentment (valors més alts que l'ERM).

Taula 5. Valors de l'ERL i de l'ERM (en µg/g) establerts per Long *et al.* 1995.

Metall	ERL	ERM
Coure	34	270
Zinc	150	410
Níquel	20,9	51,6
Cadmi	1,2	9,6
Plom	46,7	218
Mercuri	0,15	0,71
Arsènic	8,2	70
Crom	81	370

Relació isotòpica de C i N ($\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$)

Per a l'anàlisi de la traça $\delta^{15}\text{N}$ es van pesar quantitats compreses entre 5 i 60 mg de mostra liofilitzada (depenent de la quantitat de nitrogen estimada entre >0.5% i <0.1% respectivament, a partir del contingut en matèria orgànica de la mostra) amb una balança de precisió, es van posar en càpsules d'estany, i es van conservar en un lloc sec fins al moment de l'anàlisi amb un espectròmetre de massa de relació isotòpica (IRMS).

Per a l'anàlisi de la traça $\delta^{13}\text{C}$ es van pesar quantitats compreses entre 5 i 25 mg de mostres liofilitzades (depenent de la quantitat de carboni estimada entre >4% i <0.2% respectivament a partir del contingut en matèria orgànica de la mostra) en càpsules de plata (resistents als àcids), i van ser atacades prèviament a l'anàlisi amb HCl al 15% per eliminar el carboni inorgànic present en forma de carbonats. L'excés d'àcid es va eliminar per evaporació a l'estufa a 60° C dins un dessecador amb NaOH sòlid per absorbir l'àcid. Es van tenir problemes en l'eliminació de l'excés d'àcid degut al fet que la gran quantitat de carbonats presents a les mostres, en contacte amb l'àcid clorhídric produeixen, a més de CO₂ gasós, sals com ara CaCl₂, que reté molt la humitat.

El processament i la preparació de les mostres es va realitzar al Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC), i l'anàlisi de les traces isotòpiques es va realitzar als *Servizos de Apoio á Investigación (SAI) de la Universidade da Coruña*.

Tractament de dades fisicoquímiques

El tractament estadístic conjunt de les dades fisicoquímiques s'ha realitzat mitjançant l'anàlisi de components principals (PCA) utilitzant el programa GINKGO (De Cáceres *et al.* 2007). Es tracta d'una tècnica estadística que permet resumir la variabilitat de moltes variables en unes quantes (components principals), que són combinacions lineals ortogonals de les variables de partida. La PCA

ens permet l'ordenació de les estacions mostrejades a l'espai definit pels components principals, els quals poden ser interpretats en funció dels paràmetres fisicoquímics amb més rellevància en la seva generació.

La PCA s'ha realitzat amb la matriu de correlacions, prèvia estandardització de les variables. Per confirmar la significació de les correlacions inferides a partir de la PCA, s'han realitzat correlacions de Pearson entre les variables (programa STATISTICA v7).

Caracterització de les comunitats

De les 72 estacions de fons tous mostrejades el 2007, es van agafar mostres biòtiques a 70 d'aquestes (no es van agafar a les estacions 45 i 46). No obstant això, la identificació de la composició de les comunitats s'ha realitzat només a les 40 estacions amb sediments fins, ja que tal i com es va explicar a l'informe final de 2007, l'índex MEDOCC només es pot aplicar a les comunitats de sorres fines. Les 16 estacions mostrejades el 2009 a S'Arenal van presentar sediments fins, i s'ha realitzat la identificació de la composició de les comunitats a totes elles.

La separació de les mostres i la identificació taxonòmica s'ha realitzat als laboratoris del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CEAB-CSIC), mitjançant lupa binocular i microscopi. La identificació s'ha fet fins al nivell taxonòmic més baix possible. La quantificació de cadascun dels tàxons identificats s'ha fet en termes d'abundància (número d'individus per mostra). D'aquesta manera, a cadascuna de les 56 estacions mostrejades es genera un inventari complet dels organismes que integren la comunitat.

Per altra banda, a diferència de l'exercici anterior (anys 2005-2007), on es va mostrejar només amb una malla de 500 µm, en el present treball s'ha realitzat una comparació entre la composició faunística retinuda amb una malla de 500 µm i una de 1000 µm. Segons la majoria d'equips dels diferents països membres de la Unió Europea que han participat en l'exercici d'intercalibració de la DMA, així com en els treballs de caire científic, la qualitat ambiental de la zona costanera es determina en funció de la macrofauna retinuda en una malla de 1000 µm. No obstant, gran part de les espècies oportunistes, associades a indrets pertorbats, són espècies petites. Per altra banda, també hi ha espècies sensibles de mida molt petita com és el cas dels poliquets de la família dels síl·lids. Per tant, l'equip del CEAB considera que, depenent de la importància que tenen les espècies de mida petita (que no quedarien retingudes a la malla de 1000 µm), els resultats de l'avaluació de l'estat ecològic d'una estació determinada podrien variar segons si utilitzem una mida de malla o un altre.

Per avaluar aquestes possibles diferències, prèviament a la separació i identificació dels organismes, s'ha realitzat un segon filtrat de la mostra al laboratori per una malla de 1000 µm. D'aquesta manera s'han obtingut els organismes que queden retinguts en ambdues fraccions. La comparació dels resultats obtinguts en ambdues fraccions, permet valorar si la informació obtinguda amb la fracció superior a 1000 µm és suficient per descriure les comunitats de fons tous i relacionar-la amb l'estat ecològic, o bé la pèrdua d'informació és important i cal considerar tots els organismes retinguts a la malla de 500 µm. Si els resultats són el mateixos es podria treballar amb la malla de 1000 µm, la qual cosa reduiria el nombre d'organismes retinguts, i per tant, el temps de separació de les mostres i de identificació d'espècies.

La caracterització de les comunitats s'ha realitzat mitjançant diferents anàlisis multivariants de proximitat nMDS (*non-metric Multi-Dimensional Scaling*) treballant amb distàncies de Bray-Curtis sobre la matriu d'espècies-abundància (programa PRIMER v6). La nMDS permet representar les estacions en un espai de dimensió reduïda de manera que la distància entre les estacions mostra la seva similaritat en funció de la composició de la comunitat de macroinvertebrats. Degut a que es treballa en ambients diferents (aigües obertes, tancades i molt modificades), no s'ha eliminat la influència dels tàxons rars en les anàlisis, ja que poden estar caracteritzant alguns dels diferents ambients. Aquesta tècnica s'ha aplicat per comparar la proximitat de les rèpliques i de les estacions, i la similitud dels diferents ambients trobats a la costa balear (mostreigs de 2007 i 2009). Per altra banda, s'ha aplicat per veure les diferències en l'ordenació espacial de les estacions segons els organismes retinguts a la malla de 500 i 1000 µm, així com les diferències en l'ordenació espacial de les estacions coincidents als mostrejos dels anys 2005 i 2007.

Per comparar numèricament aquestes diferències, s'ha aplicat una anàlisi estadística sobre les corresponents matrius de dades (malla de 500 i 1000; i anys 2005 i 2007), denominada RELATE (programa PRIMER v6). La hipòtesi nul·la d'aquesta anàlisi és que no hi ha relació entre ambdues matrius, i aleshores, el valor del coeficient ρ (correlació de Spearman) és aproximadament 0. Si ρ s'aproxima a 1 implica que les distribucions biòtiques obtingudes amb les dues matrius són similars i donen la mateixa informació.

Tanmateix, per tal de conèixer les espècies que més contribueixen a les diferències trobades entre els ambients mostrejats, s'ha realitzat una anàlisi de similaritat denominada SIMPER (programa PRIMER v6). Aquesta anàlisi permet identificar les espècies que més contribueixen a la disimilaritat entre grups definits a priori, i les espècies que més contribueixen a la similaritat interna d'aquests grups.

Relació de les comunitats amb les variables ambientals

Per relacionar la composició faunística amb les variables ambientals s'ha aplicat l'anàlisi BIOENV (programa PRIMER v6). Aquesta anàlisi compara la matriu d'espècies amb la matriu de les variables ambientals, calculant la relació que existeix entre elles. Els resultats donen un valor ρ (correlació de Spearman) per a totes les possibles combinacions de variables ambientals que expliquen millor l'ordenació multidimensional de les mostres. Si ρ s'aproxima a 0, les variables no expliquen l'ordenació de les estacions; si ρ és propera a 1 implica que els agrupaments d'estacions segons la seva composició biòtica estan explicats per la combinació de les variables ambientals.

A l'anàlisi s'han exclòs variables altament correlacionades entre sí, considerant-se només les següents: la fondària, el gra mig, el contingut en matèria orgànica, la concentració de metalls pesants (Al, Pb, Cd, Hg i As) i de nitrogen, i les senyals isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$. Per millorar l'aplicació del test, prèviament a l'anàlisi, algunes variables ambientals s'han transformat logarítmicament.

Avaluació de l'estat ecològic: Aplicació de l'índex MEDOCC

Per avaluar l'estat ecològic de les aigües costaneres s'ha aplicat l'índex MEDOCC (Pinedo & Jordana 2008). Aquest índex, tal i com ja es va explicar a l'informe de 2007, és una adaptació a la costa mediterrània occidental de l'índex desenvolupat per a les aigües litorals de l'Atlàntic (AMBI) pels investigadors bascos del grup de recerca d'AZTI (Borja *et al.* 2000). Les principals diferències entre els índex MEDOCC i AMBI són: 1) el canvi en el grup ecològic assignat per a algunes espècies, 2) el nombre de grups ecològics considerats, i 3) els valors implicats en la fórmula que s'utilitza per al càlcul de l'índex.

La base teòrica sobre la que es desenvolupa l'índex MEDOCC, igualment que per a l'índex AMBI, és la capacitat que tenen les espècies a respondre a les variacions ambientals, naturals o induïdes per l'home. Concretament, l'índex MEDOCC és capaç de detectar l'enriquiment orgànic segons la successió descrita per Pearson & Rosenberg (1978), i aplicada posteriorment per altres autors (Glémarec & Hily 1981, Hily 1984, Hily *et al.* 1986). D'acord amb aquesta base teòrica, les espècies es classifiquen en quatre grups ecològics segons la seva sensibilitat/tolerància a l'enriquiment orgànic:

- GI. Espècies sensibles a l'enriquiment orgànic, només presents en condicions no pertorbades o amb pertorbacions molt baixes.
- GII. Espècies indiferents a l'enriquiment orgànic.

- GIII. Espècies tolerants a l'enriquiment orgànic. Augmenten la seva abundància amb l'enriquiment en matèria orgànica.
- GIV. Espècies oportunistes. Dominen la comunitat quan l'enriquiment en matèria orgànica és molt alt.

L'índex es calcula a partir d'una fórmula basada en els percentatges de l'abundància de cada grup ecològic, de la següent manera:

$$\text{MEDOCC} = [(0 \times \%GI) + (2 \times \%GII) + (4 \times \%GIII) + (6 \times \%GIV)]/100$$

Amb aquesta fórmula s'obté un valor comprès entre 0 i 6. Per a valors baixos de MEDOCC l'estat ecològic és bo, i a mesura que augmenta el valor de l'índex, l'estat ecològic empitjora fins a un valor de 6 corresponent al pitjor estat ecològic.

L'avaluació de l'estat ecològic de les estacions (i de les masses d'aigua) de la xarxa de 2007 segons l'índex MEDOCC, s'ha comparat amb l'avaluació obtinguda el 2005. Per altra banda, s'han comparat les valoracions obtingudes amb els organismes retinguts a la malla de 500 i 1000 µm, per veure si són les mateixes, de manera que en el futur es pugui treballar només amb la fracció de 1000 µm.

Condicions de referència

La Directiva Marc de l'Aigua estableix que l'estat ecològic (o EQR, '*Ecology Quality Ratio*') es calcula comparant els valors d'estat ecològic obtinguts en la zona estudiada -en aquest cas la costa balear- amb les condicions biològiques d'una condició de referència. Aquest valor d'EQR relaciona, doncs, l'estat ecològic real de la zona estudiada amb l'estat ecològic potencial, marcat per la condició de referència.

A l'hora d'escollir les condicions de referència, la DMA proposa quatre opcions: 1) la utilització d'indrets no pertorbats, 2) la utilització de dades històriques, 3) la modelització, i 4) el criteri expert. En el cas de les Balears, per a l'informe anterior, i seguint el model utilitzat a Catalunya, es va treballar amb una condició de referència virtual basada en un valor real millorat (opcions anteriors 3 i 4). Es va escollir el valor de MEDOCC més baix trobat a la costa catalana i balear, i es va millorar eliminant-ne les espècies tolerants (GIII) i oportunistes (GIV). Aleshores, la condició de referència de les comunitats bentòniques de sorres fines es va considerar com una comunitat amb un 90%

d'espècies sensibles (GI) i un 10% d'espècies indiferents (GII), que dona un valor de MEDOCC de 0,2.

Les Illes Balears presenten certes particularitats, com ara l'elevada abundància d'espècies tolerants i una menor abundància d'espècies sensibles. Aquestes particularitats requereixen estudis futurs més exhaustius. Per ara, amb l'increment del nombre de dades recollides, s'ha pogut adaptar el valor de referència atenent a les particularitats de les Illes, definint-se una condició de referència virtual basada únicament en dades de la nostra zona d'estudi.

Així doncs, partint de la condició de referència anterior de 0,2 i utilitzant les dades recopilades durant els anys 2005 i 2007 a les Illes Balears, es van calcular els EQR de les estacions fent servir diferents condicions de referència amb valors des de 0,2 fins a 0,7 per tal d'escollir el que millor expliqui els resultats obtinguts. Es va detectar un salt qualitatiu de les valoracions de l'estat ecològic quan ens trobàvem amb una comunitat amb un 80% d'espècies sensibles (GI), un 15% d'espècies indiferents (GII) i un 5% d'espècies tolerants (GIII), resultant un valor de MEDOCC de 0,5. S'ha seleccionat aquest valor com el mínim a partir del qual es reflecteixen adequadament les condicions de referència a les Illes Balears.

Per valorar doncs, l'estat ecològic d'un indret, el valor obtingut de MEDOCC ha d'ésser corregit per la condició de referència. Això vol dir que en realitat, tenint en compte aquesta condició de referència, els valors de MEDOCC oscil·len entre 0,5 i 6 (essent 0,5 la millor situació que ens podem trobar a les comunitats de fons tous de la costa balear).

Obtenció de l'EQR i llindars entre estats ecològics

Com que la DMA estableix que l'índex EQR ha de tenir un valor comprès entre 0 i 1, i els valors de MEDOCC oscil·len entre 0-6 (valors baixos de MEDOCC indiquen bona qualitat ecològica, valors alts indiquen pertorbació), s'han transformat i invertit a escala 0-1, de manera que valors propers a 1 indiquen un bon estat ecològic, i valors propers a 0 indiquen un estat ecològic dolent.

Per tant, i per al valor de referència de 0,5 prèviament establert, l'EQR es calcula com:

$$\text{EQR} = 1 - [(\text{MEDOCC} - 0,5) / (6 - 0,5)]$$

Pel que fa als valors de l'índex MEDOCC que delimiten els cinc estats ecològics proposats per la DMA, s'han aplicat els mateixos definits a l'informe final de 2007 (taula 6). Prèviament s'ha comprovat que la distribució de les freqüències dels quatre grups ecològics (sensibles, indiferents,

tolerants i oportunistes) al llarg dels valors en ordre ascendent de l'índex MEDOCC segueix un patró similar a l'obtingut l'any 2005.

Taula 6. Valors dels llindars de l'índex MEDOCC per establir els estats ecològics proposats per la DMA i la seva equivalència amb els valors d'EQR.

Estat Ecològic	MEDOCC (0-6)	Llindars EQR (1-0)
Molt bo	$0 < \text{MEDOCC} < 1,60$	1,00 - 0,73
Bo	$1,60 < \text{MEDOCC} < 3,20$	0,73 - 0,47
Moderat	$3,20 < \text{MEDOCC} < 4,77$	0,47 - 0,20
Deficient	$4,77 < \text{MEDOCC} < 5,50$	0,20 - 0,08
Dolent	$5,50 < \text{MEDOCC} < 6$	$< 0,08$

L'estat ecològic *Molt bo (High)* representa una situació de no pertorbació on les comunitats bentòniques de fons tous estan dominades per espècies sensibles (GEI), que suposen més del 40% de l'abundància total. L'estat ecològic *Bo (Good)*, es caracteritza per presentar entre un 20-50% d'espècies tolerants (GEIII), però les espècies sensibles continuen essent importants en la comunitat (entre un 10-40% de l'abundància total). Es dona un estat ecològic *Moderat (Moderate)* quan apareixen fins a un 50% d'espècies tolerants i menys d'un 45% d'espècies oportunistes. Els estats ecològics *Deficient (Poor)* i *Dolent (Bad)*, es caracteritzen per la dominància d'espècies oportunistes (GEIV; més del 45% i 80%, respectivament).

Comparació dels índex MEDOCC i BOPA

Aplicació de l'índex BOPA

Gómez Gesteria & Dauvin (2000) van estudiar diferents quocients de grups de tàxons per tal d'identificar els més eficients a l'hora de determinar l'impacte de vessaments d'oli a les comunitats de fons tous. Van concloure que el més eficient era el quocient $\log[(\text{poliquets oportunistes}/(\text{amfípodes}+1))+1]$. Aquest quocient va ser revisat per Dauvin & Ruellet (2007), d'on va sorgir finalment l'índex '*Benthic Opportunistic Polychaetes Amphipods Index*' (BOPA).

Per calcular l'índex, s'utilitza la fórmula:

$$\text{BOPA} = \log [(f_p/f_a + 1) + 1]$$

On f_p és la freqüència relativa ([0,1]) de poliquets oportunistes (quocient del número total de poliquets oportunistes i el número total d'individus a la mostra), i f_a és la freqüència relativa ([0,1]) d'amfípodes excepte aquells del gènere *Jassa* (quocient del número total d'amfípodes a la mostra i el número total d'individus a la mostra).

Els valors d'aquest índex varien de 0 (quan la qualitat ambiental és bona, i $f_p = 0$) a 0,3013 ($\log_2$; a zones molt pertorbades, on els amfípodes desapareixen completament i $f_a = 0$). Els valors van de 0 a 0,3013 en comptes de 0 a 1, i per tant, per aquest índex no s'obtenen valors d'EQR (*Ecological Quality Ratio*), sinó d'EcoQ (*Ecological Status*).

Per definir els valors de l'índex BOPA que limiten els cinc estats ecològics proposats per la DMA, els autors van utilitzar els valors dels límits definits per als índex AMBI i BENTIX (Dauvin & Ruellet, 2007). En el nostre cas, i donat que la comparació es farà amb les valoracions obtingudes amb l'índex MEDOCC, s'utilitzaran els límits proposats a la taula 6.

L'índex BOPA té l'avantatge, respecte al MEDOCC, que només requereix la identificació de 2 famílies, 9 gèneres i 21 espècies. Tampoc requereix l'assignació de les espècies a grups ecològics prèviament definits. Així doncs, només considera els poliquets oportunistes, els amfípodes (exceptuant aquells del gènere *Jassa*) i el total recollit a les mostres, el que simplifica considerablement la feina de identificació. Però, de la mateixa manera, una de les desavantatges del BOPA és que es basa només en aquestes tres categories d'organismes (poliquets oportunistes, amfípodes i la resta). Tot i que la majoria de les espècies oportunistes són poliquets, cal remarcar que els oligoquets són un grup oportunista important que l'índex BOPA no considera. A més, hi ha altres espècies oportunistes que no es troben en el llistat considerat pels autors. De la mateixa manera, un dels grups que més contribueix a la categoria d'organismes sensibles són els amfípodes, però hi ha moltes espècies sensibles de mol·luscs que tampoc són considerats al BOPA. D'altra banda, no totes les espècies d'amfípodes es poden considerar sensibles (p.e. *Corophium* spp.). Finalment, aquest índex només es pot aplicar quan l'abundància total és superior o igual a 20 individus.

Comparació de l'índex BOPA amb l'índex MEDOCC

Seguint el mateix procediment que el seguit pels autors de l'índex BOPA amb els índex AMBI i BENTIX, s'han definit els valors de l'índex BOPA que limiten els cinc EQR proposats per la DMA, extrets dels límits definits per a l'índex MEDOCC.

Per això, s'ha definit la següent equivalència entre els grups definits al BOPA i els grups ecològics de l'índex MEDOCC:

$$GI = f_a + \alpha_1 f_x$$

$$GII = \alpha_2 f_x$$

$$GIII = \alpha_3 f_x$$

$$GIV = \alpha_4 f_x + f_p$$

On f_a i f_p són les freqüències d'amfípodes i poliquets en els grups ecològics GI i GIV respectivament, f_x és la freqüència d'altres espècies (aquí s'inclouen els amfípodes del gènere *Jassa*), i $\alpha_1 - \alpha_4$ són les proporcions de f_x a cada grup ecològic (essent $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 = 1$).

Aleshores, aplicant la fórmula de l'índex MEDOCC amb l'equivalència anterior dona: $MEDOCC = 6f_p$. Per tant, $f_p = MEDOCC/6$. Els valors de f_p s'han extret dels llindars del MEDOCC, s'ha calculat $f_a = 1 - f_p$, i s'ha aplicat la fórmula del BOPA per obtenir el seu llindar per a cadascuna de les categories de l'estat ecològic (taula 7).

Taula 7. Valors dels llindars de l'índex BOPA per establir els estats ecològics proposats per la DMA (extrets de l'índex MEDOCC).

Estat Ecològic	MEDOCC	f_p	f_a	BOPA
Molt bo	$0 < MEDOCC < 1,60$	$0,00 < f_p < 0,27$	$0,73 < f_a < 1,00$	$0,00000 < BOPA < 0,06298$
Bo	$1,60 < MEDOCC < 3,20$	$0,27 < f_p < 0,53$	$0,47 < f_a < 0,73$	$0,06298 < BOPA < 0,13371$
Moderat	$3,20 < MEDOCC < 4,77$	$0,53 < f_p < 0,80$	$0,20 < f_a < 0,47$	$0,13371 < BOPA < 0,22185$
Deficient	$4,77 < MEDOCC < 5,50$	$0,80 < f_p < 0,92$	$0,08 < f_a < 0,20$	$0,22185 < BOPA < 0,26761$
Dolent	$5,50 < MEDOCC < 6$	$0,92 < f_p < 1,00$	$0,00 < f_a < 0,08$	$0,26761 < BOPA < 0,30103$

Utilitzant els valors dels llindars definits a aquesta taula, s'ha establert l'estat ecològic de les estacions mostrejades dins de la xarxa de 2007 segons l'índex BOPA. Els resultats obtinguts s'han comparat amb l'avaluació de l'estat ecològic segons l'índex MEDOCC.

RESULTATS

Caracterització fisicoquímica del sediment

Resultats dels paràmetres fisicoquímics

A la taula 8 es presenten els resultats de la mesura de la fondària, l'anàlisi granulomètric i el contingut en matèria orgànica, carboni, nitrogen, metalls, i l'anàlisi de les senyals isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$. S'observa que de les 72 estacions mostrejades, 43% pertanyen a la categoria de sorres fines (31 estacions), 8% a sorres molt fines (6 estacions), i 2% a fangs (1 estació). Per altra banda, un 40% són sorres mitjanes (29 estacions) i un 7% sorres gruixudes (5 estacions). Per tant, un total de 38 estacions presenten una granulometria adequada per a la determinació del MEDOCC (inferior a sorres mitjanes), afegint-se dues estacions més (35 i 73), que malgrat presentar un promig de sorres mitjanes, a una rèplica presenten sorres fines. Cal destacar que les estacions noves de cala Negra (4) i l'Illa de Ses Porreres (12) han presentat sorres mitjanes, mentre que les estacions properes mostrejades el 2005, a cala Boix (4A) i a Es Pujols - Punta Prima (12A), van presentar sorres fines. Per tant, es recomana tornar a mostrejar les estacions de 2005 en futurs estudis.

Els percentatges de fins més alts s'han trobat a Menorca, a les estacions del port de Maó (68, 69, 70 i 71) i de la badia de Fornells (63 i 64), i a Mallorca, a cala Cranc (55) i al port de Sóller (59).

Respecte a la matèria orgànica, s'han trobat valors excepcionalment alts ($> 5\%$) als ambients del tipus *indret tancat amb escassa renovació* de la badia de Fornells (estacions 63 i 64) i de la *massa d'aigua molt modificada* del port de Maó (estacions 68, 69, 70 i 71), que coincideixen amb valors alts del contingut de nitrogen. S'han trobat també valors alts de matèria orgànica (3-5%) al port de Sóller (59), a Cap Gros (65), i a la cala Sant Esteve (73). A més, 25 estacions (6 a Eivissa i Formentera, 12 a Mallorca i 7 a Menorca) presenten valors entre el 2-3%, que es poden considerar alts.

A les estacions del port de Sóller, de la badia de Fornells, i del port de Maó, aquests valors elevats de matèria orgànica estan associat als alts percentatges de fins, indicant tant un confinament dels sediments com un aport excessiu de matèria orgànica a la zona costanera. Una possible explicació per als valors elevats de matèria orgànica a la resta d'estacions és l'acumulació de detritus (restes de macroalgues o de *Posidonia oceanica*) al sediment. Per tal d'avaluar la procedència de la matèria orgànica, i de testar aquesta hipòtesis, s'han mesurat les senyals isotòpiques al sediment (veure resultats presentats a la taula 8) i seran objecte d'un estudi exhaustiu dins de la xarxa de investigació dels fons tous.

Taula 8. Resultats dels paràmetres fisicoquímics: fondària, mida de gra mig, categoria del sediment (Cat. Sed.; MG: molt gruixudes, G: gruixudes, M: mitjanes, F: fines, MF: molt fines, i FA: fangs), percentatge de fins (% de sediment < 63µm), concentració de matèria orgànica (MO), carboni (C) i nitrogen (N) i senyals isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ de les estacions mostrejades el 2007.

Estació	Codi	Fondària (m)	Gra mig (µm)	Cat. Sed.	Fins (%)	MO (%)	C (%)	N (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
Port de Sant Miquel	1	8,7	197	F	0,61	1,57	0,16	0,01	-22,6	3,3
Cala Xarraca (Xuclà)	2	9,8	337	M	0,00	1,39	0,21	0,01	-21,6	2,8
Cala Sant Vicent	3	8,3	113	MF	2,57	1,69	0,13	0,01	-23,7	4,2
Cala Negra	4	7,2	260	M	0,00	2,43	0,15	0,01	-25,1	4,8
Cala Nova	5	6,6	306	M	0,00	1,86	0,14	0,01	-21,4	5,5
Sta. Eulària - Ses Roquetes	6	7,8	200	F	0,00	1,98	0,14	0,02	-21,3	5,6
Cala Llonga	7	5,7	132	F	4,25	1,33	0,12	0,01	-22,1	5,8
Cala Roja (N)	8	9,3	240	F	0,00	1,17	0,12	0,01	-23,3	4,3
Cala Talamanca	9	5,6	292	M	0,00	1,26	0,13	0,01	-22,5	4,3
Platja d'en Bossa	10	5,0	148	F	4,09	2,21	0,29	0,02	-19,2	3,9
Punta de sa Torre	11	9,4	285	M	0,00	1,97	0,20	0,02	-22,3	3,7
Illa de ses Porreres	12	7,7	280	M	0,00	2,04	0,20	0,02	-20,6	5,4
Caló d'en Trull	16	7,9	242	F	0,00	2,16	0,23	0,02	-24,6	4,7
Sa Caixota	17	9,2	178	F	0,93	1,60	0,11	0,01	-22,2	4,3
Cala Tarida	18	11,3	219	F	0,00	2,07	0,13	0,01	-21,2	2,6
Caló de s'Oli	19	3,3	579	G	0,00	1,73	0,19	0,02	-21,9	5,1
Cala Gració	20	3,4	446	M	0,00	2,28	0,20	0,02	-19,5	3,0
Cala Salada	21	3,3	408	M	0,00	1,62	0,15	0,01	-22,9	3,1
Ses Balandres	22	11,3	206	F	0,00	1,67	0,86	0,01	-24,0	1,5
Sa Taleca	23	7,3	348	M	0,00	1,09	0,09	0,01	-24,7	2,9
Cala Murta	25	5,4	126	F	8,38	2,23	0,21	0,02	-23,0	1,7
Badia de Pollença - el Caló	27	4,8	108	MF	9,32	2,24	0,13	0,01	-20,0	2,1
Badia de Pollença - Mal Pas	28	9,8	274	M	0,00	1,73	0,13	0,01	-20,8	2,7
Badia d'Alcúdia - Coll Baix	29	8,5	393	M	0,00	0,84	0,10	0,01	-22,4	2,6
Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	7,9	156	F	1,31	1,66	0,21	0,02	-19,8	4,5
Badia d'Alcúdia - Sa Canova	31	10,0	221	F	0,00	1,83	0,30	0,02	-23,9	2,9
Betlem - Es Caló	32	7,2	338	M	0,00	1,42	0,12	0,01	-22,8	2,1
Cala Agulla	33	9,6	338	M	0,00	2,28	0,17	0,02	-17,1	1,9
Canyamel	34	9,1	186	F	0,18	2,10	0,19	0,02	-20,4	2,5
Cala Petita	35	10,7	261	M	0,00	2,28	0,20	0,02	-20,2	2,5
Cala d'Or	36	8,2	137	F	5,50	2,64	0,24	0,03	-17,2	3,5
Cala Mondragó	37	11,3	173	F	0,67	2,36	0,14	0,02	-20,2	3,9
Cala Llombards	38	9,9	214	F	0,00	1,29	0,10	0,02	-19,8	6,6
Conillera - Es Blanquer	39	5,7	391	M	0,00	1,00	0,13	0,01	-23,2	1,1
Cabrera - l'Olla	40	10,6	209	F	0,01	1,18	0,21	0,01	-21,2	1,1
Cabrera - Port Cabrera	41	7,6	506	G	1,41	2,25	0,30	0,03	-16,2	1,7
Punta de sa Cova des Coloms	42	9,0	310	M	0,00	1,19	0,22	0,01	-15,5	2,3
Cotimplà	43	11,5	327	M	0,00	1,72	0,14	0,02	-18,2	2,1
Cap Roig	44	8,7	277	M	0,00	2,73	0,21	0,03	-20,1	2,7
Cap de Regana	45	8,2	627	G	0,00	1,55	-	-	-	-
Cap Enderrocat - es Devallador	46	7,7	501	G	0,00	2,12	-	0,02	-	2,2
Badia de Palma - S'Arenal	47	10,3	113	MF	9,93	1,85	0,18	0,02	-20,9	2,4
Badia de Palma - Can Pastilla	48	8,4	125	MF	2,28	1,79	0,13	0,02	-20,3	2,2
Badia de Palma - Cala Major	49	10,3	177	F	0,01	1,88	0,13	0,02	-20,5	1,5
Badia de Palma - Cala Vinyes	50	9,0	168	F	0,13	2,89	0,14	0,02	-20,4	1,2
Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	9,7	215	F	0,03	1,95	0,17	0,02	-19,8	2,1

Estació	Codi	Fondària (m)	Gra mig (µm)	Cat. Sed.	Fins (%)	MO (%)	C (%)	N (%)	δ ¹³ C (‰)	δ ¹⁵ N (‰)
Es Banc d'Eivissa	52	7,7	359	M	0,00	1,05	0,08	0,01	-21,7	2,0
Platja de Sta. Ponça	53	10,7	134	F	3,04	1,42	0,19	0,02	-22,4	2,7
Peguera Palmira	54	7,1	167	F	0,01	1,46	0,12	0,01	-21,0	4,5
Cala en Cranc	55	6,5	98	MF	11,29	1,43	0,16	0,02	-23,7	5,7
Sant Elm	56	7,7	201	F	0,01	1,70	0,18	0,01	-20,8	2,3
Cala Deià	58	8,1	244	F	0,00	1,26	0,08	0,01	-22,3	4,6
Port Sóller (far)	59	6,0	81	MF	28,63	3,34	0,20	0,02	-23,3	5,9
Platja Sóller	60	7,3	229	F	0,84	2,64	0,18	0,01	-21,4	3,4
Badia de Fornells (entrada)	61	6,4	376	M	0,00	2,87	0,21	0,02	-15,7	2,3
Port de Fornells	62	4,1	299	M	0,00	2,58	0,22	0,02	-17,7	2,9
B. de Fornells - Ses Salines (N)	63	7,4	134	F	27,52	17,37	6,07	0,69	-15,8	0,9
B. de Fornells - Ses Salines (S)	64	4,7	327	M	13,78	10,06	2,67	0,31	-19,2	1,0
Cap Gros	65	7,8	383	M	0,00	3,19	0,30	0,02	-13,0	2,6
Es Grau	66	8,9	373	M	0,00	2,68	0,20	0,02	-15,8	2,7
Port de Maó - Canal Illa Llatzeret	68	6,2	189	F	21,71	8,95	2,86	0,17	-14,8	3,8
Port de Maó - Illa Plana	69	8,7	200	F	27,00	5,99	1,28	0,09	-16,5	4,6
Port de Maó - Cala Llonga	70	11,5	145	F	30,11	5,67	1,56	0,17	-16,1	5,8
Port de Maó - Cala Rata	71	11,3	48	FA	63,41	7,62	2,59	0,16	-20,3	6,5
Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	7,7	270	M	1,09	3,31	0,39	0,03	-13,3	3,6
Alcalfar	74	6,0	637	G	0,00	1,36	0,26	0,02	-16,8	3,0
Binisafulla	76	9,4	367	M	0,00	2,10	0,30	0,02	-16,7	2,3
Cala Galdana	77	8,6	181	F	0,38	1,79	0,28	0,02	-16,2	3,1
Arenal Son Saura	78	9,0	193	F	0,01	2,09	0,27	0,02	-14,7	2,3
Cala Santandria	80	9,7	383	M	0,00	1,88	0,26	0,02	-18,0	2,6
Algaiarens	81	7,0	406	M	0,00	2,78	0,37	0,02	-17,4	2,4
Platja Cavalleria	83	9,7	394	M	0,00	2,58	0,21	0,01	-18,9	2,3

A la taula 9 es presenten els resultats de l'anàlisi de les concentracions de metalls per a cadascuna de les estacions mostrejades l'any 2007. S'observa que es supera el valor de concentracions associat a efectes nocius ocasionals sobre els organismes (ERL) per a l'arsènic, mercuri, plom i coure a Ses Roquetes (6), a la badia de Fornells (63 i 64) i al port de Maó (68, 70 i 71) segons el metall considerat (en taronja a la taula 9). D'aquestes, l'estació 71 supera el valor d'ERM per al mercuri (ressaltat en vermell). Tanmateix es sobrepassa el valor d'ERL per al níquel a les estacions de Sa Taleca (23), port de Sóller (59) i badia de Fornells (63).

En cap cas es supera el valor d'ERL per al zinc, cadmi i crom, trobant-se al port de Maó (68, 69, 70, 71, 73), port de Sóller (59) i a la badia de Fornells (63 i 64) les concentracions més elevats segons el metall considerat (ressaltat en groc a la taula 9). També ho són en les esmentades estacions (a excepció de la 73) per al ferro, vanadi i alumini (metalls que no es disposa valors d'ERM i d'ERL). Tanmateix, s'han detectat concentracions elevades de cadmi a Santa Eulària (6) i Alfacar (74), de crom a Sa Taleca (23), i de ferro i alumini a Sa Taleca (23) i a Es Grau (66). Els valors de la concentració de seleni es troben per sobre del límit de detecció de l'aparell utilitzat per a l'anàlisi només a 6 estacions (7, 8, 9, 10, 11 i 17).

Taula 9. Concentració de metalls al sediment (en µg/g) de 71 estacions mostrejades el 2007 (no hi ha dades per a l'estació 45). Es ressalten en taronja els valors que superen l'ERL, en vermell els que ho fan per a l'ERM i en groc els valors més elevats dels metalls que no superen l'ERL i pels que no es disposa dels valors d'ERM.

Estació	Codi	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni
Port de Sant Miquel	1	3498	3416	14,7	4,6	5,3	14,0	0,11	0,01	3,7	10,1	6,1	5,7
Cala Xarraca (Xuclà)	2	1417	1445	13,8	1,7	2,7	4,4	0,16	0,02	3,7	3,5	3,6	6,4
Cala Sant Vicent	3	3234	2173	17,6	9,1	3,7	8,7	0,10	0,00	2,2	5,9	4,5	5,5
Cala Negra	4	4965	3680	20,6	2,9	9,0	18,7	0,14	0,01	2,9	11,3	9,2	7,7
Cala Nova	5	1898	2487	13,8	1,7	8,7	7,3	0,10	0,03	1,8	2,8	9,4	5,4
Sta. Eulària - Ses Roquetes	6	2807	3400	26,5	2,0	69,7	13,9	0,25	0,11	2,1	10,5	7,6	5,3
Cala Llonga	7	1631	1766	17,0	2,1	4,5	11,5	0,10	0,01	7,5	5,9	4,2	5,4
Cala Roja (N)	8	3035	2290	20,9	2,6	3,1	12,8	0,13	0,00	6,9	6,8	4,1	6,8
Cala Talamanca	9	1586	1597	14,7	1,8	4,1	10,2	0,19	0,02	5,4	3,9	4,1	5,8
Platja d'en Bossa	10	1331	1579	17,9	3,1	6,0	10,1	0,11	0,02	6,0	3,2	7,7	5,5
Punta de sa Torre	11	817	1012	13,5	2,7	3,8	8,1	0,10	0,01	5,1	3,6	8,0	5,9
Illa de ses Porreres	12	549	717	13,1	3,9	2,6	6,1	0,10	0,01	4,1	2,1	9,5	6,9
Caló d'en Trull	16	647	1069	16,4	1,5	2,9	7,5	0,08	0,02	4,5	2,7	9,5	6,0
Sa Caixota	17	4517	2156	24,9	4,2	4,2	16,8	0,11	0,00	6,2	15,6	5,0	5,6
Cala Tarida	18	952	1189	13,3	4,6	3,6	5,2	0,14	0,02	0,2	2,6	8,4	3,8
Caló de s'Oli	19	995	1152	15,1	2,1	4,2	7,9	0,18	0,04	3,5	3,5	9,0	8,6
Cala Gració	20	934	1182	12,3	2,7	2,9	7,7	0,08	0,03	2,7	2,8	6,5	5,3
Cala Salada	21	1052	1163	16,3	1,6	3,2	6,2	0,11	0,04	2,1	2,9	6,8	4,3
Ses Balandres	22	2504	1689	20,0	3,2	3,2	6,3	0,13	0,09	1,4	2,0	3,9	5,2
Sa Taleca	23	10203	5419	22,3	4,7	3,2	31,1	0,07	0,01	3,3	5,1	25,2	24,0
Cala Murta	25	1212	1202	14,3	2,5	6,3	3,5	0,11	0,05	0,0	1,7	4,5	6,3
Badia de Pollença - el Caló	27	864	836	12,3	1,7	4,3	4,0	0,09	0,05	0,0	1,8	3,2	6,5
Badia de Pollença - Mal Pas	28	1092	1163	12,1	2,2	3,7	3,8	0,10	0,04	0,0	2,6	7,4	6,8
Badia d'Alcúdia - Coll Baix	29	1168	1307	12,0	1,5	2,1	5,4	0,09	0,04	0,0	4,0	3,2	7,0
Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	681	695	9,7	1,3	3,2	2,1	0,08	0,05	0,0	4,6	8,2	6,0
Badia d'Alcúdia - Sa Canova	31	690	627	10,0	1,1	4,4	2,9	0,06	0,06	0,0	2,2	6,5	5,4
Betlem - Es Caló	32	734	744	9,3	3,8	3,4	3,6	0,12	0,06	0,0	1,6	4,4	5,8
Cala Agulla	33	346	381	8,5	0,9	4,2	1,4	0,04	0,07	0,1	1,2	6,8	5,9
Canyamel	34	778	825	9,4	1,2	3,7	4,1	0,07	0,09	0,5	3,8	7,3	6,3
Cala Petita	35	531	607	9,6	1,2	3,5	2,5	0,04	0,14	1,1	1,7	8,4	5,9
Cala d'Or	36	639	775	11,8	2,1	5,3	0,6	0,04	0,02	0,0	1,9	7,3	5,1
Cala Mondragó	37	552	646	7,9	1,1	4,3	0,3	0,06	0,01	0,0	3,0	8,0	5,6
Cala Llombards	38	457	666	9,0	5,7	4,6	0,2	0,06	0,02	0,0	1,5	6,4	5,9
Conillera - Es Blanquer	39	1757	1819	16,4	3,1	2,6	5,8	0,18	0,04	1,5	2,0	2,3	7,1
Cabrera - l'Olla	40	1940	1816	10,7	1,5	2,1	6,5	0,05	0,07	1,0	4,6	3,9	5,7
Cabrera - Port Cabrera	41	729	1188	12,9	1,6	6,8	5,4	0,08	0,07	1,9	1,7	11,1	6,5
Punta de sa Cova des Coloms	42	457	833	10,2	1,4	3,1	2,7	0,05	0,11	0,8	1,1	6,1	6,3
Cotimplà	43	377	499	9,5	1,9	6,8	1,1	0,10	0,04	0,0	1,5	4,7	6,3
Cap Roig	44	311	402	13,1	2,2	8,2	1,0	0,10	0,06	0,0	1,2	5,1	5,8
Cap Enderrocat - es Devallador	46	651	721	8,6	1,4	4,5	1,8	0,08	0,49	0,0	1,8	7,1	5,7
Badia de Palma - S'Arenal	47	1463	1333	12,6	2,4	8,7	3,3	0,08	0,02	0,3	3,0	11,4	5,9
Badia de Palma - Can Pastilla	48	1228	1138	11,2	1,9	6,8	3,2	0,09	0,02	0,0	2,7	12,0	6,1
Badia de Palma - Cala Major	49	967	1079	10,4	1,8	4,4	3,4	0,10	0,00	0,0	3,4	8,0	5,9
Badia de Palma - Cala Vinyes	50	698	835	12,5	2,5	3,7	3,2	0,13	0,01	0,0	1,5	7,7	5,7
Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	655	822	9,1	2,4	5,1	2,5	0,14	0,01	0,4	1,1	7,2	6,2
Es Banc d'Eivissa	52	661	692	9,5	1,2	3,4	2,2	0,08	0,03	0,4	2,2	5,4	5,8
Platja de Sta. Ponça	53	1384	1334	11,6	1,7	3,6	3,8	0,10	0,05	1,3	3,7	6,9	5,6
Peguera Palmira	54	1200	1148	10,9	1,3	3,8	3,5	0,11	0,07	0,6	2,4	7,2	5,2

Estació	Codi	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni
Cala en Cranc	55	1631	1470	17,0	5,4	3,4	2,3	0,14	0,00	4,5	2,9	4,5	5,2
Sant Elm	56	1605	1420	14,6	2,4	5,1	2,8	0,12	0,00	5,1	3,4	5,3	8,8
Cala Deià	58	5046	2915	18,8	5,6	16,5	16,2	0,12	0,02	4,4	6,2	8,8	9,9
Port Sóller (far)	59	15145	7833	51,9	9,1	33,5	39,9	0,12	0,02	4,2	6,4	41,3	27,5
Platja Sóller	60	6044	3205	25,8	3,8	7,7	16,3	0,11	0,02	4,3	6,0	16,3	12,4
Badia de Fornells (entrada)	61	1471	856	12,0	2,8	5,7	8,7	0,08	0,07	1,6	5,3	3,9	5,3
Port de Fornells	62	1843	1478	15,7	2,8	8,7	9,2	0,09	0,06	1,7	6,6	4,8	5,5
B. de Fornells - Ses Salines (N)	63	23101	21356	86,4	31,5	46,7	81,8	0,31	0,21	4,8	34,8	45,4	20,9
B. de Fornells - Ses Salines (S)	64	12078	12009	59,3	18,7	27,7	46,5	0,20	0,19	4,2	26,6	22,1	11,7
Cap Gros	65	609	649	12,3	1,2	5,4	3,2	0,18	0,03	1,0	2,7	5,1	5,4
Es Grau	66	6941	4639	38,4	2,2	7,0	17,0	0,11	0,04	1,2	10,1	9,8	8,6
Port de Maó - Canal Illa Llatzeret	68	9119	7710	44,8	35,6	28,7	27,1	0,15	0,14	0,6	8,9	21,7	13,4
Port de Maó - Illa Plana	69	6594	5083	33,6	9,9	25,6	18,5	0,03	0,10	0,4	7,6	10,7	9,7
Port de Maó - Cala Llonga	70	10287	9786	65,4	33,2	64,7	35,9	0,10	0,37	0,9	13,6	25,1	14,0
Port de Maó - Cala Rata	71	17741	15799	134,4	89,1	109,4	54,6	0,18	1,47	0,6	18,4	37,2	22,1
Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	1534	1735	16,4	3,8	14,8	4,7	0,21	0,01	0,0	1,9	6,7	5,1
Alcalfar	74	1096	937	16,2	3,8	9,5	3,9	0,23	0,05	0,0	2,3	5,3	6,8
Binisafulla	76	343	479	8,5	1,0	4,4	0,3	0,02	0,01	0,0	1,4	6,2	4,7
Cala Galdana	77	695	872	10,9	2,0	3,3	2,5	0,02	0,00	0,3	2,5	7,1	5,5
Arenal son Saura	78	209	350	9,5	1,0	3,4	0,9	0,03	0,05	0,0	1,7	5,3	4,8
Cala Santandria	80	653	699	10,6	1,4	6,4	3,7	0,05	0,08	0,6	2,6	7,5	5,6
Algaiarens	81	1388	1201	11,6	1,4	4,6	4,4	0,16	0,04	0,7	4,2	3,0	3,8
Platja Cavalleria	83	5857	1788	18,7	1,9	7,2	20,0	0,08	0,06	1,4	53,2	5,0	5,2

Resultats del tractament de les dades fisicoquímiques

Per tal d'ordenar les estacions segons les seves característiques fisicoquímiques s'ha realitzat una anàlisi de components principals (PCA) a la que s'inclouen les variables presentades a les taules 10 i 11 de les 71 estacions a les quals es van mesurar totes aquestes variables (no s'inclou l'estació 45 de la que no es tenen les concentracions de carboni, nitrogen i metalls, ni les senyals isotòpiques).

Els dos primers components de la PCA expliquen el 64,1% de la variància total, essent la variància explicada pel primer component del 53,5 % i pel segon component del 10,6 %. Les variables que contribueixen de manera significativa a la generació del component I són el contingut en matèria orgànica, el percentatge de fins i la concentració de ferro, alumini, zinc, coure, plom, vanadi, crom, níquel, carboni i nitrogen (taula 10 i fig. 4). Totes aquestes variables pesen sobre la part positiva del component, i es troben positivament correlacionades entre sí (taula 11).

Cap de les variables contribueix significativament en la generació del component II (taula 10 i fig. 4).

Taula 10. Càrrega factorial o pes de les variables a la generació dels dos primers components de la PCA. Es ressalten en negre les contribucions significatives ($r > 0,70$).

	Component I	Component II
Fondària	0,00	0,55
MO	0,86	-0,29
Gra mig	-0,30	-0,43
Fins	0,87	0,37
Fe	0,95	-0,10
Al	0,98	-0,12
Zn	0,96	0,16
Cu	0,86	0,37
Pb	0,83	0,35
V	0,95	-0,20
Cd	0,49	-0,43
Hg	0,66	0,50
Se	0,20	-0,38
As	0,61	-0,29
Cr	0,89	0,02
Ni	0,79	0,05
C (%)	0,87	-0,27
N (%)	0,82	-0,39
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	0,09	-0,05
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	0,20	0,42

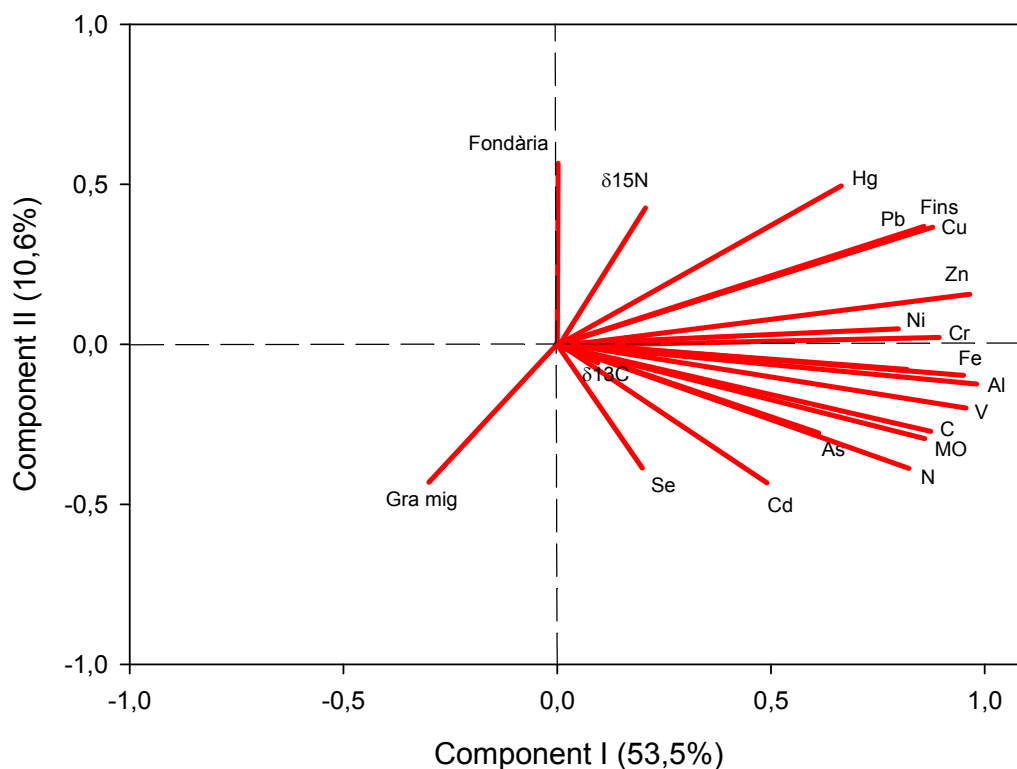


Figura 4. Representació del pes o càrrega factorial de les 20 variables de la taula 10 a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA.

Taula 11. Correlacions de Pearson (r) entre les diferents variables físicoquímiques del sediment (n = 71 estacions). (*):correlacions significatives amb un nivell de significació de: * p <0,05; **p<0,01; *** p<0,001.

	MO	Gra mig	Fins	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni	C	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Fondària	-0,07	-0,30*	0,07	-0,03	-0,03	0,04	0,13	0,12	-0,09	-0,29*	0,21	-0,34	0,02	0,00	-0,06	-0,02	-0,06	0,05	-0,09
	MO	-0,19	0,66***	0,79***	0,88***	0,75***	0,64***	0,59***	0,83***	0,46***	0,43***	0,08	0,58***	0,74***	0,54***	0,97***	0,95***	0,38**	-0,08
		Gra mig	-0,43***	-0,26*	-0,26*	-0,28*	-0,30*	-0,30*	-0,21	0,09	-0,21	-0,07	-0,04	-0,29*	-0,20	-0,19	-0,17	0,20	-0,26*
			Fins	0,77***	0,79***	0,90***	0,90***	0,83***	0,72***	0,24*	0,80***	0,02	0,37**	0,77***	0,70***	0,66***	0,55***	0,14	0,33**
				Fe	0,96***	0,90***	0,73***	0,71***	0,98***	0,44***	0,54***	0,27*	0,65***	0,91***	0,87***	0,79***	0,76***	0,06	0,16
					Al	0,92***	0,79***	0,76***	0,97***	0,51***	0,60***	0,23	0,61***	0,88***	0,77***	0,89***	0,86***	0,12	0,13
						Zn	0,92***	0,88***	0,89***	0,45***	0,82***	0,17	0,54***	0,83***	0,75***	0,76***	0,68***	0,11	0,27*
							Cu	0,85***	0,71***	0,33**	0,91***	0,01	0,40**	0,70***	0,62***	0,68***	0,55***	0,14	0,29*
								Pb	0,70***	0,43***	0,81***	0,01	0,42***	0,69***	0,59***	0,59***	0,51***	0,16	0,38**
									V	0,49***	0,52***	0,35**	0,69***	0,88***	0,81***	0,83***	0,81***	0,06	0,15
										Cd	0,21	0,30*	0,32**	0,32**	0,26*	0,48***	0,49***	-0,03	0,06
											Hg	-0,12	0,30*	0,52***	0,46***	0,47***	0,35**	0,11	0,24*
												Se	0,23	0,16	0,22	0,10	0,15	-0,38**	0,34**
													As	0,43***	0,34**	0,55***	0,56***	0,09	0,00
														Cr	0,91***	0,72***	0,71***	0,09	0,20
															Ni	0,54***	0,51***	-0,05	0,21
																C	0,96***	0,31*	-0,08
																	N	0,28*	-0,12
																		$\delta^{13}\text{C}$	-0,21

A la figura 5, es representen les estacions a l'espai definit per aquestes dues components en relació a les 20 variables ambientals mesurades. S'observa que, respecte al component I de la PCA, les estacions de Mallorca del port de Sóller (59), i de Menorca de la badia de Fornells (63 i 64), i del port de Maó (68, 70 i 71, i en menor grau la 69), queden diferenciades de la resta. Totes aquestes estacions presenten altes concentracions de matèria orgànica i metalls (valors superiors a l'ERL per certs metalls) associats a valors alts del percentatge de fins, característiques que ens indiquen un confinament dels sediments.

Pel que fa als ambients del tipus *indret tancat amb escassa renovació* de la badia de Fornells (ME-2) i de la *massa d'aigua molt modificada* del port de Maó (ME-3), aquests problemes fisicoquímics ja es van detectar en el mostreig de 2005 (veure informe final de 2007). En canvi, al port de Sóller (estació 59 de la massa d'aigua MA-4), en el mostreig de 2005 no es van trobar els problemes de càrrega orgànica ni les altes concentracions de metalls detectats al present estudi. Totes tres masses d'aigua es troben en risc d'incompliment de la DMA pel que respecte a la seva qualitat fisicoquímica, i pertanyen ja a la xarxa operativa. Cal destacar que no s'ha detectat aquest risc fisicoquímic a l'estació més externa de la massa d'aigua del port de Maó (cala Sant Esteve, 73).

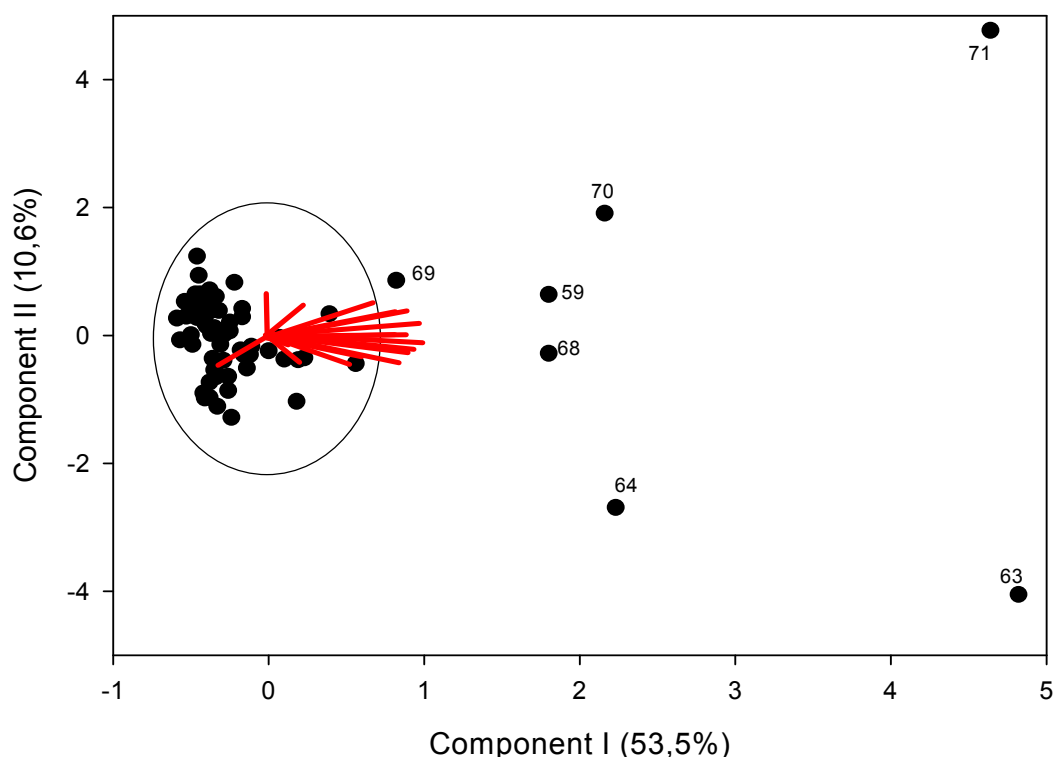


Figura 5. Representació de les 71 estacions (punts negres) a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA realitzada amb les variables de la taula 10 (línies vermelles, veure ampliació a la fig. 4). Per facilitar la interpretació, només es presenten els codis de les estacions que es separen de la resta i es discriminen més bé.

Per altra banda, al segon component, les estacions queden menys separades malgrat un cert aïllament d'una estació del port de Maó (71; part positiva del component) i de la badia de Fornells (63;

part negativa del component; veure fig. 5), que està relacionat amb una elevada concentració de mercuri (que supera el valor d'ERM) a l'estació 71, i de matèria orgànica, carboni i nitrogen a l'estació 63.

Per tal d'obtenir una major separació de les estacions no discriminades a l'anàlisi anterior (encerclades a la fig. 5), es va realitzar una altra PCA sense incloure les estacions que van quedar separades a la PCA realitzada prèviament (59, 63, 64, 68, 69, 70 i 71). S'observa que quan s'exclouen aquestes estacions, es perd informació a l'hora d'explicar la variància observada. Els dos primers components expliquen el 40,5% de la variància total, essent la variància explicada pel primer component del 28,4 % i pel segon del 12,1%.

Les variables que contribueixen de manera significativa a la generació del component I són la concentració de ferro, alumini, zinc i vanadi (taula 12 i fig. 6). Tots aquests metalls contribueixen a la part negativa del component, i es troben positivament correlacionats entre sí (taula 13). Sembla, per tant, que deixant de banda les estacions del port de Sóller (59), de la badia de Fornells (63 i 64), i del port de Maó (68, 69, 70 i 71), el percentatge de matèria orgànica i de fins, que explicaven el component I a l'anterior PCA, aporten poca informació a l'hora d'explicar el patró observat per a la resta d'estacions.

Taula 12. Càrrega factorial o pes de les variables a la generació dels dos primers components de la PCA havent exclòs les estacions 59, 63, 64, 68, 69, 70 i 71. Es ressalten en negre les contribucions significatives ($r > 0,70$).

	Component I	Component II
Fondària	0,21	-0,00
MO	0,22	0,48
Gra mig	0,06	0,61
Fins	0,02	-0,43
Fe	-0,90	0,28
Al	-0,91	0,19
Zn	-0,81	0,20
Cu	-0,52	-0,29
Pb	-0,25	0,23
V	-0,93	0,24
Cd	-0,32	0,02
Hg	0,32	0,56
Se	-0,63	-0,30
As	-0,42	0,23
Cr	-0,47	0,32
Ni	-0,65	0,25
C (%)	0,20	0,12
N (%)	0,49	0,30
$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	0,49	0,65
$\delta^{15}\text{N}$ (‰)	-0,40	-0,34

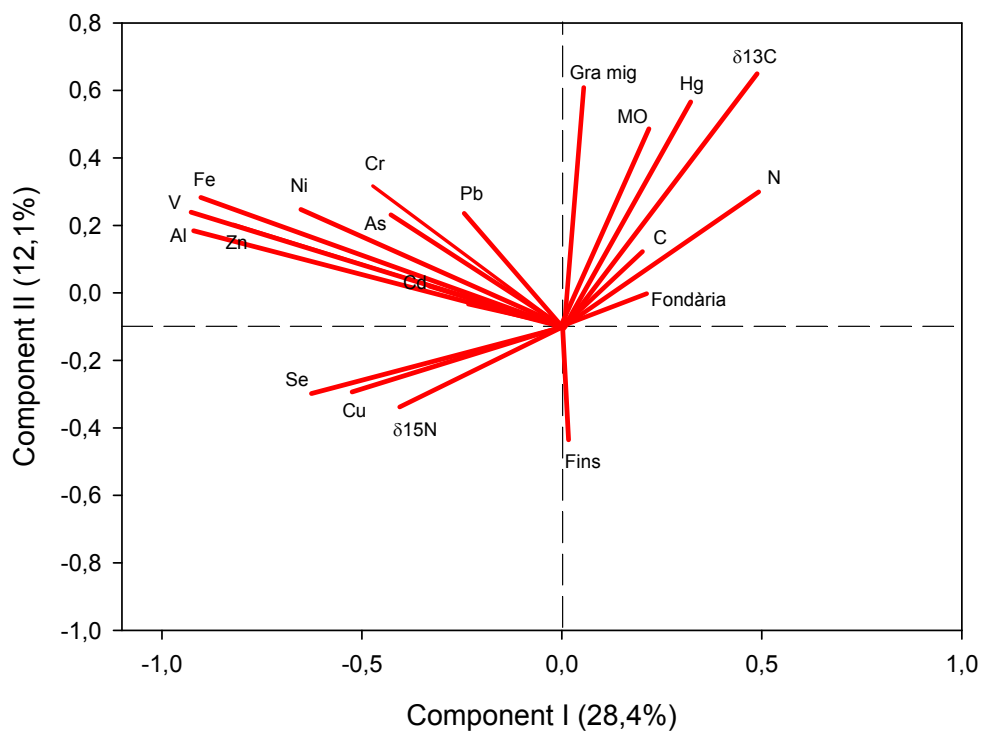


Figura 6. Representació del pes o càrrega factorial de les 20 variables de la taula 12 a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA exclouent les estacions 59, 63, 64, 68, 69, 70 i 71.

Cal destacar que un cop s'exclouen les estacions mencionades anteriorment, els valors de matèria orgànica són considerablement més baixos (lleugerament superiors al 2%) i no es correlacionen amb el percentatge de fins ni amb les concentracions de metalls. Per tant, es pot suposar que una part d'aquesta matèria orgànica està relacionada amb restes de detritus d'origen vegetal com podria ser *Posidonia oceanica*, espècie molt abundant als fons sedimentaris de les Illes Balears. Tot i això, cal fer esment que a vegades un percentatge de fins molt baix ja és suficient per acumular matèria orgànica.

De nou, cap variable contribueix significativament a la generació del component II (taula 12), encara que la contribució de la traça $\delta^{13}\text{C}$, el gra mig i el mercuri és alta.

Taula 13. Correlacions de Pearson (r) entre les diferents variables fisicoquímiques del sediment excloent les estacions 59, 63, 64, 68, 69, 70 i 71 (n = 64 estacions). (*): correlacions significatives amb un nivell de significació de: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

	MO	Gra mig	Fins	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni	C	N	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
Fondària	-0,05	-0,29*	-0,19	-0,04	-0,12	-0,20	-0,08	-0,05	-0,20	-0,31*	0,09	-0,30*	0,07	0,04	-0,09	0,13	-0,06	0,04	-0,25
	MO	0,01	0,02	-0,06	-0,11	0,07	-0,16	0,12	-0,06	0,02	0,07	-0,23	0,12	0,06	-0,21	0,31*	0,54***	0,53***	-0,14
		Gra mig	-0,50***	0,03	-0,02	0,05	-0,17	-0,05	0,11	0,22	0,22	-0,07	0,08	0,00	0,13	0,09	0,05	0,28*	-0,16
			Fins	-0,07	-0,05	0,01	0,16	-0,03	-0,14	-0,04	-0,16	0,04	-0,09	-0,05	-0,08	-0,05	0,19	-0,12	0,08
				Fe	0,91***	0,77***	0,40**	0,15	0,92***	0,13	-0,18	0,37**	0,52***	0,52***	0,71***	-0,13	-0,38**	-0,28*	0,12
					Al	0,81***	0,39**	0,31*	0,87***	0,28*	-0,19	0,42**	0,32*	0,49***	0,62***	-0,15	-0,35**	-0,34**	0,23
						Zn	0,35**	0,36**	0,75***	0,41**	-0,13	0,49***	0,38**	0,26*	0,37**	0,02	-0,22	-0,20	0,26*
							Cu	0,02	0,35**	0,25	-0,38**	0,29*	0,06	0,12	0,25	-0,14	-0,28*	-0,30*	0,34**
								Pb	0,22	0,45***	0,27*	0,01	0,15	0,07	-0,02	-0,04	0,04	0,04	0,27*
									V	0,20	-0,16	0,56***	0,55***	0,47***	0,62***	-0,17	-0,35**	-0,33**	0,24
										Cd	-0,09	0,24	0,04	-0,16	-0,03	0,05	-0,13	-0,14	0,21
											Hg	-0,39**	0,02	-0,14	-0,15	0,27*	0,02	0,20	-0,29*
												Se	0,18	0,08	0,23	-0,14	-0,19	-0,41**	0,51***
													As	-0,03	0,02	-0,07	-0,23	-0,05	0,06
														Cr	0,75***	-0,16	0,14	-0,12	0,12
															Ni	-0,22	-0,19	-0,25*	0,02
																C	0,17	0,26*	-0,25*
																	N	0,46***	0,06
																		$\delta^{13}\text{C}$	-0,26*

A la figura 7 es representa l'ordenació de les estacions a l'espai definit per aquests dos components. S'observa que les estacions es distribueixen més homogeniament al llarg dels components I i II respecte a l'anterior PCA (veure fig. 5).

Respecte al component I les estacions es concentren majoritàriament a la part positiva. En canvi, Sa Taleca (23) es situa a la part més negativa del component, amb valors de níquel superior a l'ERL i concentracions elevades de ferro i vanadi. Altres estacions que es troben a la part negativa del component I (part esquerra del gràfic) també prenen valors alts de les concentracions de ferro, alumini, zinc i vanadi. Es tracta de les estacions del port de Sant Miquel (1), cala Sant Vicent (3), cala Negra (4), Santa Eulària (6), cala Llonga (7), cala Roja (8), i Sa Caixota (17) a Eivissa; cala Deià (58) i platja de Sóller (60) a Mallorca; i d'Es Grau (66) i cala Cavalleria (83) a Menorca.

Cal destacar que el patró d'ordenació de les estacions és majoritàriament degut a la concentració de metalls dels quals no podem assegurar una procedència antròpica, sobretot del Fe i Al. Malgrat un possible origen antròpic, aquests metalls són també elements biològics essencials (Fe, Zn i V), o estan relacionats amb les característiques litològiques del sòl (Al); per tant, una alta concentració d'aquests no està necessàriament associada a una major pressió antròpica. De fet, i malgrat el seu escàs pes a la PCA, l'únic risc fisicoquímic en aquestes estacions ve donat pels valors superiors a l'ERL per a l'arsènic (metall estrictament contaminant) al port de Sant Miquel (1), a cala Negra (4), a Sa Caixota (17), a Es Grau (66) i a cala Cavalleria (83). A més, a l'estació de Ses Roquetes a Santa Eulària (6) es sobrepassa el valor d'ERL per al plom i l'arsènic. Aquesta estació ja presentava valors de la concentració de plom i mercuri superiors a l'ERL en les mostres de l'any 2005 (informe final de 2007). Tanmateix, l'estació de Sa Taleca (23) ja presentava valors elevats de la concentració d'alumini i vanadi a les mostres de l'any 2005.

Respecte al component II, les posicions més extremes estan ocupades per l'estació de cap Enderrocat (46) a la part positiva del component (amb valors alts de concentració de mercuri i de la mida de gra mig); i per l'estació de cala Cranc (55) a la part negativa del component (amb valors alts de percentatge de fons).

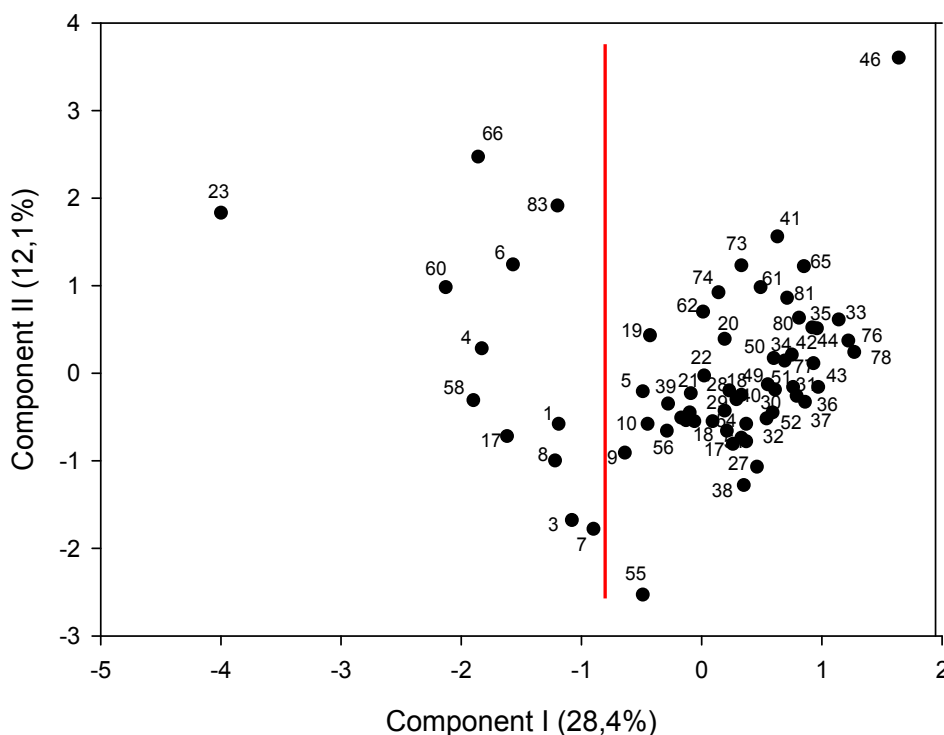


Figura 7. Representació de les 64 estacions a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA realitzat exclouent les estacions 59, 63, 64, 68, 69, 70 i 71.

Caracterització de les comunitats

De les 70 estacions mostrejades dins de la xarxa de vigilància i operativa de 2007 per a l'estudi biològic de les comunitats de fons tous, la caracterització només s'ha realitzat a les 40 estacions amb sediments fins, ja que els sediments gruixuts estan associats a un elevat hidrodinamisme i els organismes que hi viuen no reflecteixen la qualitat de les aigües. Cal recordar que es van mostrejar 16 estacions a la xarxa de investigació desenvolupada al port de S'Arenal el 2009. Totes aquestes presenten sediments fins, fent un total de 56 estacions caracteritzades.

A la taula 14 i a la figura 8 es veu que el grup d'organismes amb major riquesa d'espècies que s'ha trobat a les mostres ha estat el dels anèl·lids (poliquets) amb 8800 individus, repartits en 160 tàxons dels quals el 12% són sensibles, el 48% indiferents, el 21% tolerants, i el 10% oportunistes (taula 14 i fig. 8). El grup més abundant ha estat el dels mol·luscs, amb 11874 individus, essent també el grup que presenta més tàxons sensibles (50%) seguit pel grup dels crustacis (35%). A la taula 14 s'observa també que el grup ecològic amb un major percentatge de tàxons ha estat el dels indiferents, seguit pels sensibles, tolerants i oportunistes en últim lloc.

Taula 14. Nombre de tàxons i d'individus per als grups de macroinvertebrats més importants identificats a la costa balear, i percentatges de tàxons que pertanyen als diferents grups ecològics (sensible, indiferent, tolerant i oportunista). Mostreig de 2007 i de 2009 (56 estacions). Fracció de 500 µm.

Grup	Nº Tàxons	Nº Individus	Tàxons sensibles (%)	Tàxons indiferents (%)	Tàxons tolerants (%)	Tàxons oportunistes (%)	Tàxons NA (%)
Anèl·lids	160	8800	12,5	48,1	20,6	10,0	8,8
Mol·luscs	95	11874	49,5	23,2	6,3	1,1	20,0
Crustacis	119	6932	34,5	20,2	11,8	1,7	31,9
Altres	28	2319	25,0	35,7	10,7	3,6	25,0
Total	402	29925	28,6	33,1	13,9	5,0	19,4

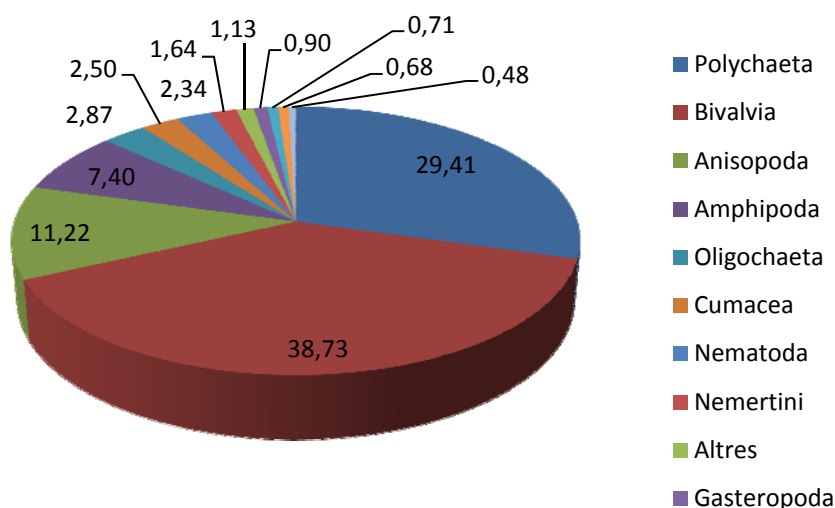


Figura 8. Percentatge d'abundància dels grups de macroinvertebrats més importants identificats a la costa balear. Mostreig de 2007 i de 2009 (56 estacions). Fracció de 500 µm.

A la taula 15 es presenten els valors de riquesa específica i abundància total per a cadascuna de les 40 estacions amb sediments fins mostrejades el 2007 segons els organismes retenguts tant a la fracció de 500 µm com a la de 1000 µm, així com els valors per a les mateixes estacions obtinguts en el mostreig de 2005 (només fracció de 500 µm). En termes generals, s'observa que la pèrdua d'individus de mida petita a la fracció de 1000 µm suposa una disminució tant de l'abundància total com de la riquesa d'espècies. Pel que fa a la comparació entre anys, es pot observar com l'abundància disminueix de 2005 a 2007 mentre que els valors de riquesa específica són similars.

Taula 15. Abundància total (nombre d'individus) i riquesa específica (nombre de tàxons per mostra) de les estacions mostrejades. Mostreig de 2005 (fracció de 500 µm) i de 2007 (fraccions de 500 i 1000 µm). Es presenten els promig, màxim i mínim per any i fracció, calculats considerant només les estacions comunes als mostresos de 2005 i 2007.

Codi	Abundància total			Riquesa		
	2005(500)	2007 (500)	2007 (1000)	2005(500)	2007 (500)	2007 (1000)
1	313	237	33	36	26	13
3	538	185	45	31	24	13
6	496	178	44	45	28	14
7	338	130	39	43	25	15
8	117	125	24	25	24	12
10	-	161	80	-	15	10
16	108	58	16	31	21	10
17	147	157	66	38	27	16
18	112	73	18	32	30	12
22	223	261	132	24	18	12
25	-	507	236	-	35	26
27	-	178	89	-	20	13
30	61	90	43	25	33	20
31	63	188	60	24	26	20
34	236	57	20	40	24	14
35	91	145	38	21	34	17
36	-	494	172	-	36	27
37	224	165	37	21	19	11
38	246	227	69	19	25	15
40	83	279	43	31	32	17
47	215	178	89	43	46	31
48	270	100	53	40	32	19
49	348	168	42	44	31	16
50	457	417	189	39	37	25
51	-	539	212	-	34	28
53	328	264	122	40	37	28
54	-	196	71	-	34	24
55	644	159	56	35	31	19
56	139	349	147	30	36	21
58	18	24	7	10	9	4
59	120	175	74	22	23	17
60	338	172	34	44	26	11
63	30	129	106	11	28	24
68	1131	1008	611	76	77	70
69	491	372	208	52	62	48
70	-	574	308	-	61	51
71	-	726	583	-	39	37
73	375	307	72	51	38	19
77	264	347	106	35	29	20
78	169	257	91	32	19	14
Promig	273	218	85	34	30	19
Màxim	1131	1008	611	76	77	70
Mínim	18	24	7	10	9	4

A la figura 9, es representen les dues rèpliques per estació recollides durant el mostreig de 2007 i de 2009 a l'espai definit per la nMDS segons els organismes retinguts a la malla de 500 µm. S'observa que, en general, les rèpliques es troben relativament properes entre sí, a excepció de les de les estacions 16, 30 i 37.

A l'estació 16, les dues rèpliques tenen una riquesa específica i una abundància total similars (veure taula 15), però mentre que el bivalve *Loripes lacteus* és l'espècie més abundant a la rèplica 16.2, està absent a la rèplica 16.1. A l'estació 30 la riquesa específica i l'abundància total són el doble a la rèplica 30.1 que a la 30.2, i només 14 espècies són comunes. A més, els bivalves *Musculus costulatus*, *Loripes lacteus* i *Macra stultorum* es troben entre les espècies més abundants (malgrat la seva baixa abundància general) a la rèplica 30.1, i són absents a la rèplica 30.2. Finalment, a l'estació 37 les diferències en riquesa específica i abundància total són importants, essent degudes principalment a la presència i major abundància de 4 mol·luscs a la rèplica 37.2, en especial de *Loripes lacteus*.

Per tant, les diferències entre rèpliques semblen degudes principalment al reclutament “a taques” de certes espècies de mol·luscs, especialment de *Loripes lacteus*.

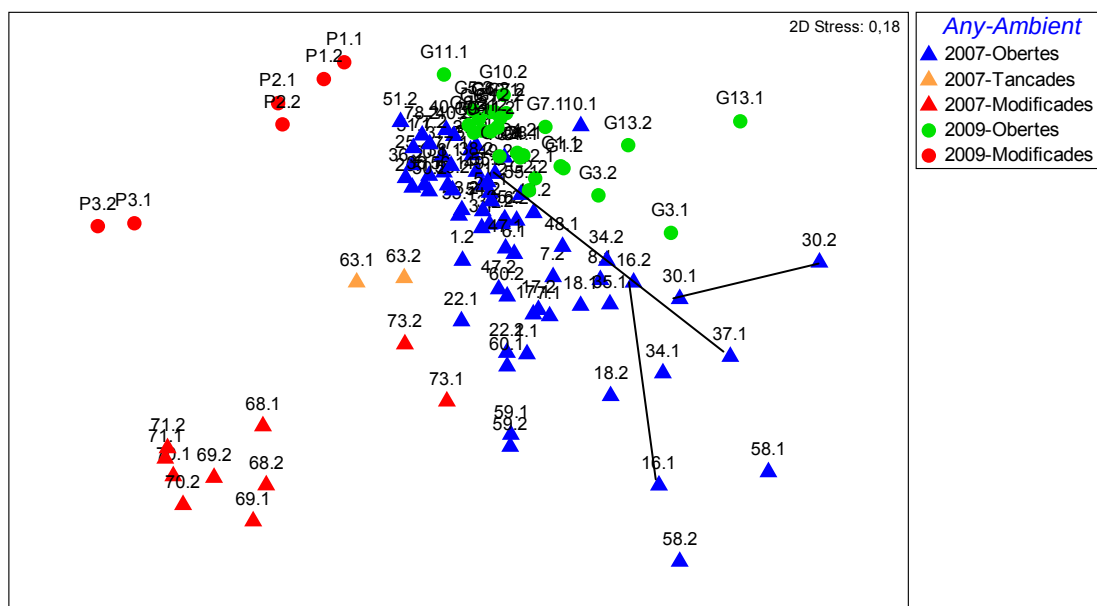


Figura 9. Representació de les dues rèpliques per estació a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retinguts a la malla de 500 µm. Mostreig de 2007 i de 2009 (56 estacions). Els símbols indiquen els anys mostrejats i els colors els ambients. S'han unit les rèpliques més disperses amb línies per facilitar l'observació de la distància que les separa.

Llevat d'aquests casos, la majoria de les rèpliques mostren una gran homogeneïtat, i per tant, es treballarà amb el promig de les dues rèpliques per estació.

A la figura 10, es representen les estacions a l'espai definit per la nMDS segons els organismes retenguts a la malla de 500 µm durant el mostreig de 2007 i de 2009. S'han pintat en colors els diferents anys i ambients mostrejats. D'aquesta manera es pot veure un grup central constituït per les estacions d'aigües obertes (en blau i verd a la figura 10). Dins d'aquest gran grup central, s'observa que les estacions d'aigües obertes de l'exterior del port de S'Arenal (mostreig de 2009) tendeixen a situar-se en un dels extrems de l'agrupació (cercles verds). Els resultats de l'anàlisi SIMPER mostren que les aigües obertes mostrejades el 2007 (similaritat entre les estacions d'un 28,3%) i de la zona de influència del port de S'Arenal (similaritat entre les estacions d'un 47,5%) es diferencien en un 71,5%. Cinc espècies contribueixen al 50% d'aquesta dissimilaritat, essent aquesta contribució similar o més baixa que la seva variació ($\text{Diss}/\text{SD} \leq 1,7$), el que fa que sigui difícil la identificació d'espècies característiques de cada grup. D'aquestes cinc espècies, els bivalves *Loripes lacteus* (tolerant) i *Donax trunculus* (sensible) són respectivament, el més abundant i el més exclusiu de la zona de influència del port de S'Arenal. En canvi, el poliquet *Paradoneis armata* (tolerant) i els crustacis *Apseudes latreillii* (indiferent) i *Ampelisca brevicornis* (sensible) són més abundants a les estacions mostrejades l'any 2007.

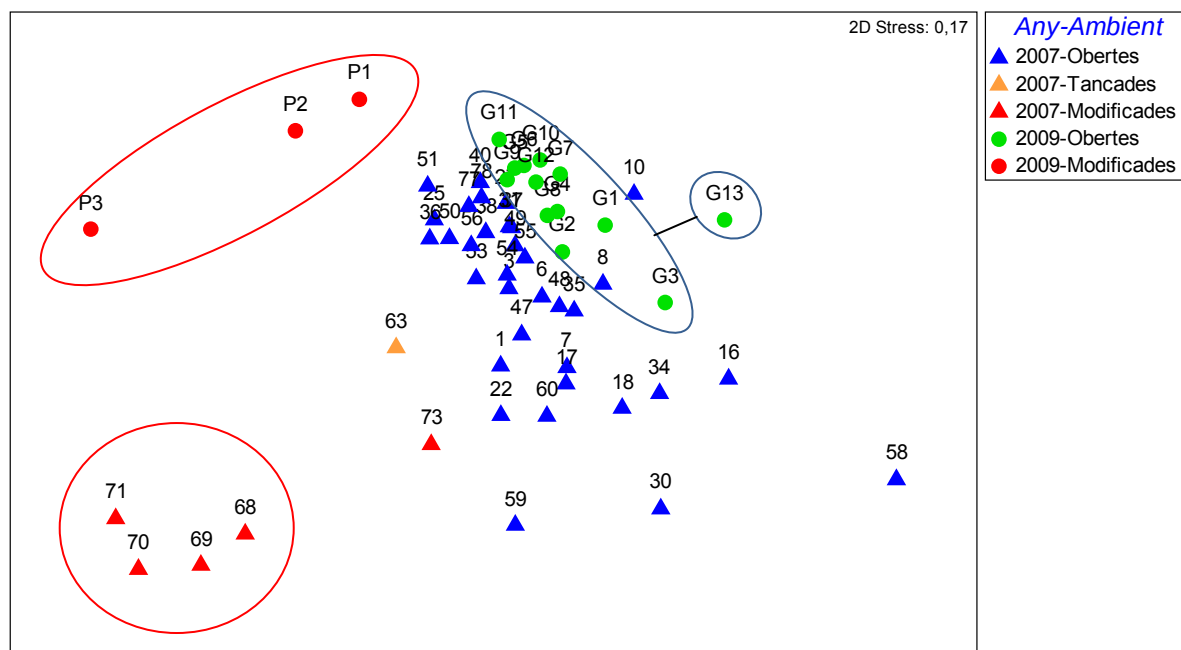


Figura 10. Representació de les 56 estacions (promig de les dues rèpliques) amb sediments fins a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retenguts en la malla de 500 µm. Mostreig de 2007 i de 2009. S'encercelen els principals grups trobats, els quals s'han considerat a l'anàlisi SIMPER i es discuteixen al text.

S'observa també que es separen de les aigües obertes, per una banda, les aigües modificades del port de Maó (2007, triangles vermells de les estacions 68, 69, 70 i 71), i per l'altra, les aigües modificades del port de S'Arenal (2009, cercles vermells de les estacions P1,

P2 i P3). Els resultats de l'anàlisi SIMPER (dades de 2007 i 2009 junts) mostren que la dissimilaritat entre les estacions d'aigües obertes i modificades és alta (93,8%), tot i la baixa similaritat interna de cadascun d'aquests grups (29,6% per aigües obertes, i 17,7% per aigües modificades). Set tàxons contribueixen al 50% d'aquesta dissimilaritat, essent aquesta contribució similar o més baixa que la seva variació ($\text{Diss}/\text{SD} \leq 1$). D'aquests set tàxons, només el bivalve *Loripes lacteus* (tolerant) és molt més abundant a les aigües obertes que a les modificades. L'abundància d'aquesta espècie tolerant a les aigües obertes de Balears podria estar relacionada amb els elevats continguts de matèria orgànica d'origen natural (detritus vegetals) trobats al sediment, i no estaria indicant enriquiment orgànic d'origen antròpic. La resta de tàxons (oligoquets, nematodes, nemertins, el crustaci *Leptochelia savigny*, i els poliquets *Micronephtys maryae* i *Prionospio fallax*), són més abundants a les aigües modificades, essent tots ells tolerants i oportunistes.

Pel que fa als dos grups d'aigües modificades, el port de Maó (mostreig de 2007; similaritat entre les estacions d'un 35,7%) i el port de S'Arenal (mostreig de 2009; similaritat entre les estacions d'un 27,4%) es diferencien en un 93,8%. Sis tàxons contribueixen al 50% d'aquesta dissimilaritat. D'aquests, només dues espècies semblen caracteritzar les aigües modificades del port de Maó ($\text{Diss}/\text{SD} \geq 2$), els poliquets *Micronephtys maryae* (tolerant) i *Prionospio fallax* (oportuniste), absent i molt menys abundant, respectivament, a les aigües modificades del port de S'Arenal. Altres espècies que contribueixen a les diferències trobades són el crustaci *Leptochelia savigny* i el bivalve *Loripes lacteus* (ambdues espècies tolerants) presents a totes les aigües modificades, però molt més abundants dins del port de S'Arenal. Els oligoquets (oportunistes) són absents al port de Maó però molt abundants dins del port de S'Arenal. En canvi, els nematodes (tolerants) són més abundants al port de Maó.

Per altra banda, s'observa que l'estació 63 de la badia de Fornells (proposat com a *indret tancat amb escassa renovació*) i la 73 de la cala Sant Esteve a la sortida del port de Maó (definit com a *aigües molt modificades*) es situen entre el grup d'estacions d'aigües obertes i el grup d'estacions d'aigües modificades del port de Maó. A l'estació de la badia de Fornells (63), de les espècies característiques de les aigües obertes, *Loripes lacteus* és la més abundant i *Paradoneis armata* està només present, mentre que *Ampelisca brevicornis* i *Apseudes latreillii* estan absents. En canvi, està present el crustaci *Leptochelia savigny* (tolerant) que és característic de les aigües modificades (i absent a les aigües obertes), i són abundants els bivalves *Abra alba* (tolerant) i *Corbula gibba* (oportuniste), ambdues espècies típiques de zones molt confinades i amb elevada concentració de matèria orgànica. A l'estació 73, de les espècies característiques de les aigües obertes, són abundants *Paradoneis armata* i *Apseudes latreillii*, mentre que *Loripes lacteus* és

poc abundant i *Ampelisca brevicornis* és gairebé absent. En canvi, són abundants els poliquets *Leptocheirus hirsutimanus* (tolerant) i *Mastrobranchus trinchesei* (oportunist), i els nematodes (tolerants). Per això, l'estació 73 es separa de la resta d'estacions de la *massa d'aigua molt modificada* del port de Maó (68-71), on aquestes espècies d'aigües obertes són escasses i on són més abundants les espècies oportunistes. Tal com es va veure durant el mostreig de 2005, el port de Maó mereix un tractament diferenciat de la resta per les seves particularitats (veure informe final de 2007). No obstant, sembla que els límits d'aquesta *massa d'aigua molt modificada* poden ser redefinits, si es té en compte que a la cala Sant Esteve (73) la comunitat ja és semblant a la de les aigües obertes.

Per últim, dins les estacions d'aigües obertes mostrejades en la xarxa de 2007, es separen del grup central l'estació 58 (cala Deià), i en menor grau, l'estació 30 (platja de Muro a la badia d'Alcúdia) i la 59 (port de Sóller). A cala Deià (58), la riquesa específica (9) i l'abundància (24) són les més baixes trobades l'any 2007, essent les espècies més abundants els poliquets *Dispio* sp. (no assignat) i *Spio decoratus* (tolerant). A l'estació 30 (platja de Muro a la badia d'Alcúdia) l'abundància (90) és baixa, essent les espècies més abundants el poliquet *Nephtys* spp. i l'amfipode *Perioculodes longimanus* (ambdues espècies indiferents). En canvi, de les espècies característiques de les aigües obertes de 2007, el bivalve *Loripes lacteus*, el poliquet *Paradoneis armata*, i els crustacis *Apseudes latreillii* i *Ampelisca brevicornis* són absents o molt poc abundants a les estacions 30 i 58. Al port de Sóller (59) l'espècie més abundant és el poliquet *Spio decoratus* (tolerant), menys abundant a les aigües obertes, mentre que el bivalve característic de les aigües obertes, *Loripes lacteus*, és gairebé absent. En canvi, les altres tres espècies característiques de les aigües obertes (*Paradoneis armata*, *Apseudes latreillii* i *Ampelisca brevicornis*) són les següents en ordre d'abundància.

A la figura 11, es representen les estacions a l'espai definit per la nMDS però segons els organismes retinguts a la malla de 1000 µm. Per comparar estadísticament les diferències observades entre les ordenacions de les estacions obtingudes amb la matriu de dades de 500 µm (fig. 10) i de 1000 µm (fig. 11), s'ha realitzat una anàlisi RELATE. El resultat d'aplicar aquesta anàlisi ha donat una ρ de 0,859 ($p < 0,001$). És a dir, les dues matrius són molt semblants, tot i els canvis observats en algunes comunitats (veure taula 1 de l'Annex I).

Comparant les figures 10 i 11, s'observa que la representació segons els organismes retinguts a la malla de 1000 µm canvia lleugerament (tenint en compte que no es tracta d'un espai vectorial d'ordenació), i sobretot per a les estacions 31, 37 i 40, que passen d'un extrem del gran grup d'estacions d'aigües obertes mostrejades el 2007 a l'oposat, quedant més

allunyades de les aigües modificades del port de S'Arenal. Per altra banda, les estacions 1, 7, 8, 16, 17, 18 i 22 que ja es trobaven lleugerament separades de la resta d'estacions d'aigües obertes a la figura 10, s'allunyen una mica més i s'apropen a les estacions 30, 58 i 59 que també quedaven separades a la figura 10.

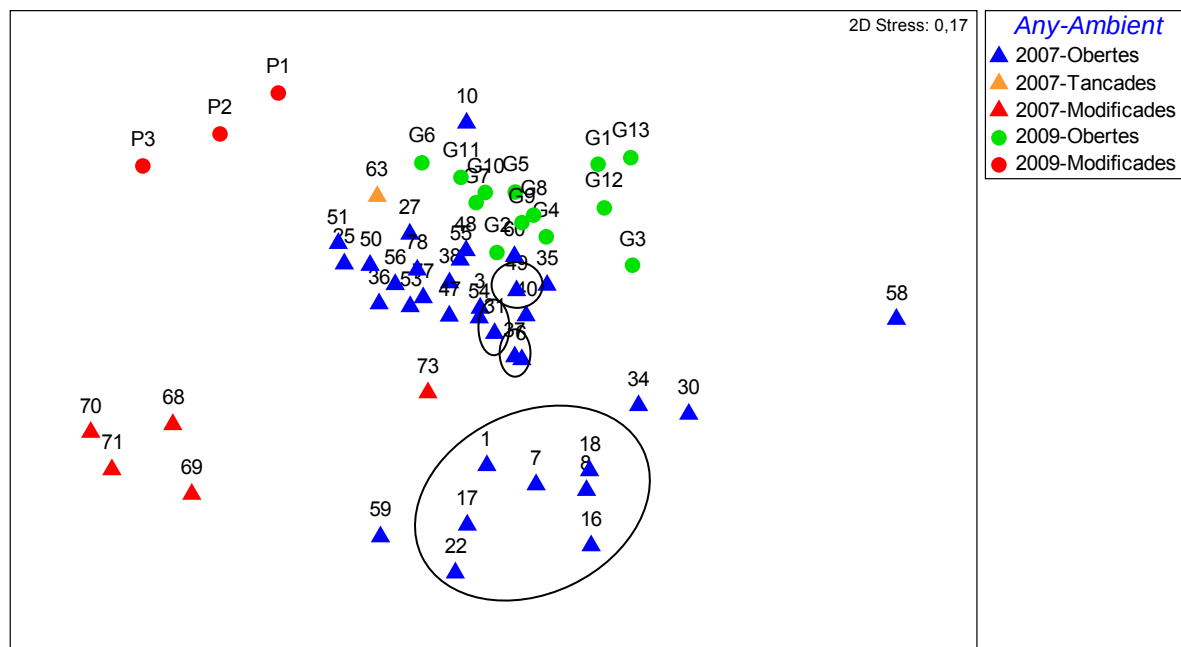


Figura 11. Representació de les estacions (promig de les dues repiques) a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retenguts en la malla de 1000 μm . Mostreig de l'any 2007 i 2009. S'encerclen les estacions que es posicionen en llocs diferents respecte a la figura 10.

En aquestes estacions, les principals diferències entre ambdues fraccions són degudes a la pèrdua d'individus de mida petita, principalment els reclutes del bivalve tolerant *Loripes lacteus* (veure taula 1 de l'Annex I). En alguns casos, aquesta pèrdua suposa la desaparició d'aquest bivalve de la fracció de 1000 μm (estacions 16, 17 i 18), mentre que en d'altres continua essent l'espècie més abundant (estacions 31, 37 i 40). Quan aquesta pèrdua afavoreix que espècies sensibles de mida més gran (p.e. *Bathyporeia phaiophthalma* en l'estació 8; *Chamelea gallina*, *Bathyporeia guilliamsoniana* i *Ampelisca brevicornis* en l'estació 40) guanyin pes sobre l'abundància total i dominin la comunitat a la fracció de 1000 μm , aquestes diferències podrien suposar un canvi en la assignació de l'estat ecològic per una mateixa estació depenent de la fracció mostrejada. A les estacions 7 i 37 també influeix la pèrdua d'individus de mida petita del poliquet *Paradoneis armata* (tolerant) en la fracció de 1000 μm .

A continuació, es presenten els resultats de la nMDS realitzada amb les 32 estacions comunes als anys 2005 i 2007, per comparar els canvis en les comunitats de fons tous a la costa balear entre ambdós anys (fig. 12). S'observa, per una banda, que els dos anys no es separen

entre sí a l'espai definit per la nMDS, tot i els canvis observats en algunes comunitats (veure taula 2 de l'Annex I), i per l'altra, que les estacions 58, 68 i 69, que ja es separaven a la figura 10, tornen a separar-se de la resta.

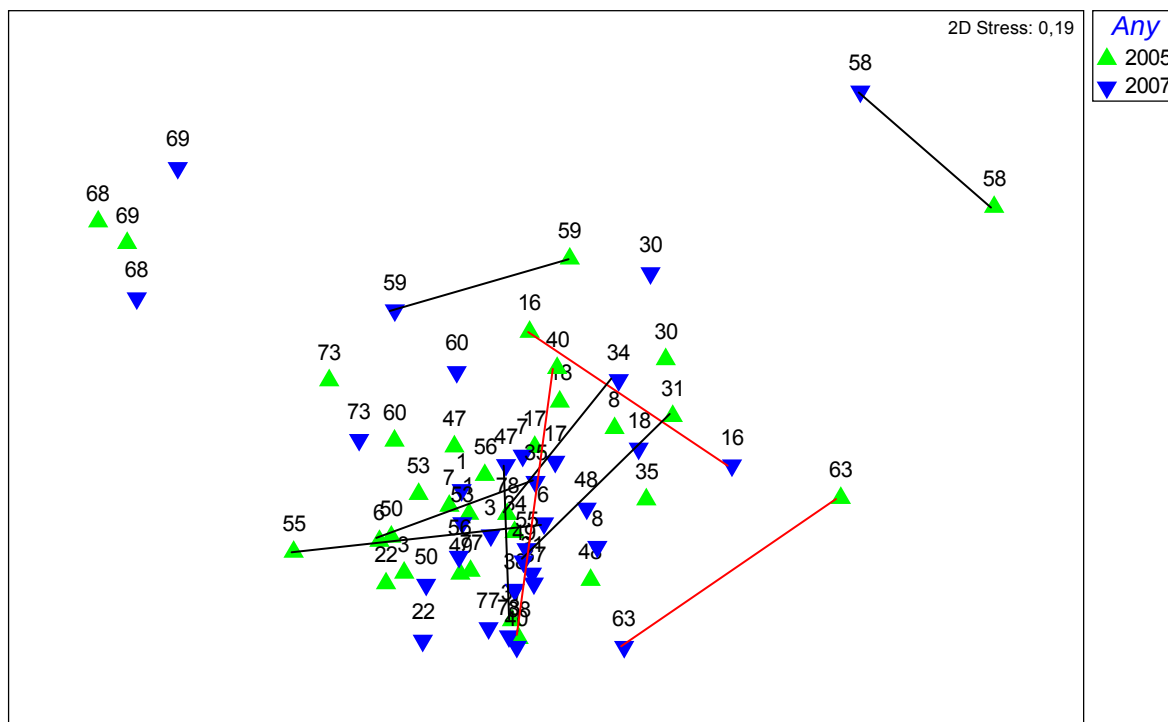


Figura 12. Representació de les 32 estacions comunes al mostreig de 2005 i de 2007 a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retinguts en la malla de 500 µm. S'han unit les estacions més allunyades entre anys amb línies (vermelles quan els canvis són grans i negres quan són menors), per facilitar l'observació de la distància que les separa.

Per comparar estadísticament les diferències observades entre anys, s'ha realitzat una anàlisi RELATE. El resultat d'aplicar aquesta anàlisi a les 32 estacions comunes als dos anys d'estudi dona una p de 0,653 ($p < 0,001$). És a dir, les dues matrius són semblants, tot i els canvis observats en algunes comunitats (veure taula 2 de l'Annex I). Les principals diferències entre anys són degudes al distanciament entre les estacions 16, 40 i 63 (línies vermelles a la fig. 12), i en menor grau entre les estacions 6, 31, 34, 55, 58, 59 i 78 (línies negres a la fig. 12).

A l'estació 16 (cala Saona el 2005 i caló d'en Trull el 2007), l'abundància total és el doble l'any 2005 respecte l'any 2007 (taula 15), essent les espècies més abundants l'any 2005, els poliquets *Micronephthys maryae* (tolerant) i *Aricidea suecica* (indiferent), absents l'any 2007. En canvi, l'any 2007 les espècies més abundants són l'Ostracoda sp.1 (no assignat) i el bivalve *Loripes lacteus* (tolerant), que són absent i escàs respectivament l'any 2005. A l'estació de l'Olla (40), tot i que la riquesa d'espècies d'ambdós anys és semblant, l'abundància total és tres

vegades major el 2007, a causa principalment de l'elevada abundància de *Loripes lacteus*. En canvi, a l'estació de la badia de Fornells (63), la composició d'espècies és pràcticament la mateixa els dos anys, essent els bivalves *Abra alba* (tolerant), *Corbula gibba* (oportunist) i *Loripes lacteus* (tolerant) les espècies més abundants, però amb menor nombre d'individus el 2005.

A la majoria d'estacions distanciades entre anys en menor grau (línees negres a la fig. 12), gran part de les diferències recauen de nou en la major abundància de *Loripes lacteus* (tolerant) el 2007 respecte el 2005 (veure taula 2 de l'Annex I). Aquest bivalve és l'espècie més abundant el 2007 a Ses Roquetes (6), sa Casanova a la badia d'Alcúdia (31), cala Cranc (55) i Arenal son Saura (78), suposant entre el 24% i 75% de l'abundància total, mentre que el 2005 perd pes sobre l'abundància total. Cal destacar que a cala Cranc (55), el crustaci *Apseudes latreillii* (indiferent) és l'espècie més abundant el 2005 (amb més de 800 individus), essent absent el 2007. Tanmateix, a Ses Roquetes (6), la riquesa d'espècies i l'abundància total són molt més elevades el 2005 que el 2007 (veure taula 15), essent els bivalves *Tellina fabula* i *Lucinella divaricata*, i l'amfípode *Ampelisca brevicornis* les espècies més abundants el 2005, absent i escassa, respectivament, el 2007.

A diferència dels casos anteriors, a Canyamel (34), el bivalve *Loripes lacteus* és l'espècie més abundant el 2005, i la segona més abundant el 2007, després del poliquet *Paradoneis armata* (tolerant). Per últim, a la resta d'estacions, la riquesa d'espècies i l'abundància total són semblants en ambdós anys, i les diferències no estan relacionades amb aquest bivalve, sinó amb altres espècies de poliquets i crustacis (veure taula 2 de l'Annex I).

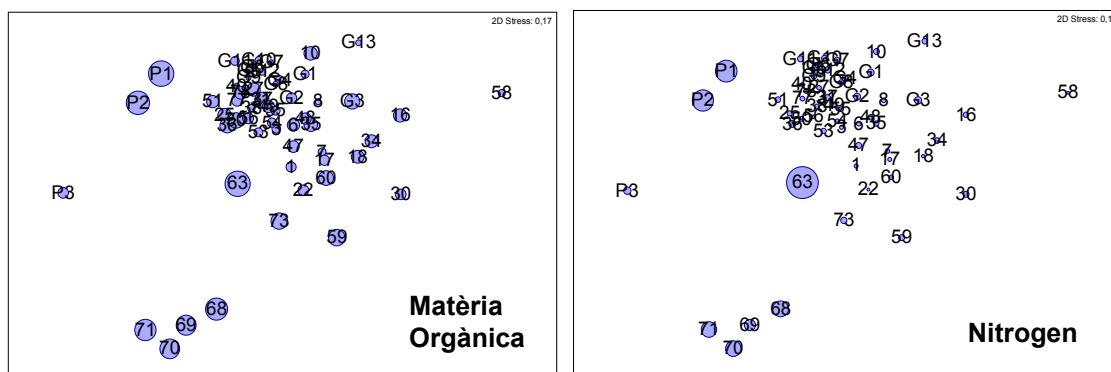
Relació de les comunitats amb les variables ambientals

Els resultats de l'anàlisi BIOENV realitzada per a testar la influència dels paràmetres físicoquímics sobre les comunitats bentòniques de les estacions amb sediments fins de la costa balear es presenten a la taula 16. S'observa que les variables ambientals que més importància tenen a l'hora de determinar la composició de la comunitat són el contingut en matèria orgànica i de nitrogen en el sediment, així com la concentració d'alguns metalls (alumini, plom i mercuri en el cas de la fracció de 500 µm, i plom, mercuri i arsènic en el cas de la fracció de 1000 µm). Recordem que la relació entre el contingut en matèria orgànica i la concentració dels metalls és indirecta, a través del percentatge de fins, ja que on s'acumulen més partícules fines es produeix una major retenció de matèria orgànica i de metalls.

Taula 16. Resultats de l'anàlisi BIOENV que relaciona la matriu biòtica (abundància de macroinvertebrats) amb les variables ambientals transformades. Mostreig de 2007 i 2009 (n = 56 estacions). Es marca amb + les variables que contribueixen significativament a l'ordenació obtinguda ($p < 0,001$). Les transformacions utilitzades per les variables ambientals s'indiquen entre parèntesis.

Variables (transf.)	500 µm	1000 µm
Fondària		
Gra mig		
MO (log)	+	+
Al (log)	+	
Pb (log)	+	+
Cd (log)		
Hg (log(x+1))	+	+
As (log)		+
Nitrogen	+	+
$\delta^{13}\text{C}$		
$\delta^{15}\text{N}$		
	$\rho = 0,55$	$\rho = 0,52$

La influència d'aquestes variables ambientals sobre la composició de la comunitat bentònica, es veu també representant les 56 estacions mostrejades el 2007 i 2009 a l'espai definit per la nMDS amb bombolles de diferent mida segons els seus valors relatius (fig. 13). S'observa que les estacions que presenten un major contingut en matèria orgànica i de nitrogen, són també les que tenen una concentració de metalls més alta, distribuint-se a la part esquerra del gràfic. En el cas dels metalls, altres estacions presenten continguts alts, però la seva distribució no és tan clara. La fracció de 1000 µm no s'ha representat ja que dona una informació molt similar a la de 500 µm.



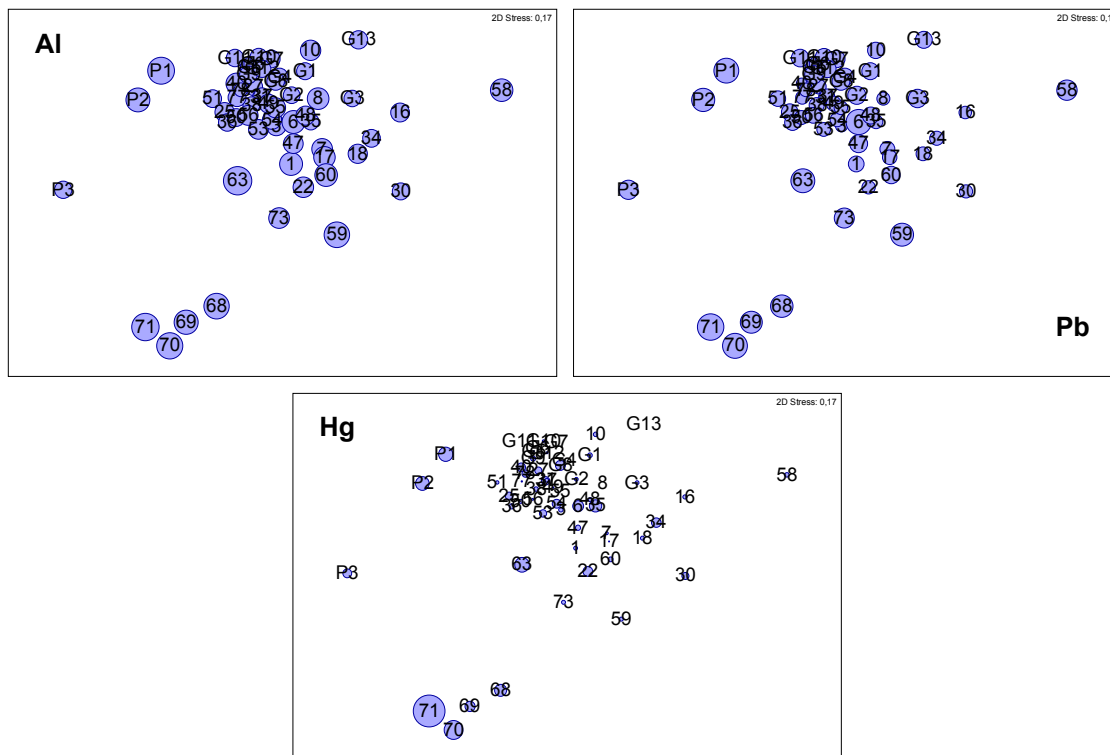


Figura 13. Representació de les 56 estacions a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retinguts en la malla de 500 µm. Mostreig de 2007 i 2009. La mida de les bombolles representa els valors relatius a les concentracions de matèria orgànica, de nitrogen, d'alumini, plom i mercuri.

Avaluació de l'estat ecològic

Aplicació de l'índex MEDOCC i obtenció de l'EQR

A la taula 17 es presenten els resultats de l'avaluació ecològica feta, mitjançant l'aplicació de l'índex MEDOCC, a cadascuna de les 70 estacions mostrejades durant l'any 2007, en funció de l'abundància dels organismes retinguts a la malla de 500 µm. Per altra banda, es posa la valoració obtinguda durant el mostreig de 2005 (estacions coincidents amb el 2007). Per fer el càlcul d'EQR s'ha aplicat un valor de condició de referència de 0,5 que s'ha utilitzat també per fer el càlcul de nou dels valors de MEDOCC obtinguts el 2005 de manera que es puguin comparar els resultats (recordem que a l'informe de 2007 es va utilitzar com a condició de referència 0,2). D'aquestes 70 estacions, l'índex MEDOCC només s'ha aplicat a les 40 estacions amb sediments fins, quedant 30 estacions sense avaluar l'any 2007 (NA a la taula 17).

Taula 17. EQR i estat ecològic de les estacions de les Illes Balears. Fracció de 500 µm. NA (No Avaluat, estacions de sorres gruixudes). (-): 15 estacions noves de 2007 (no mostrejades el 2005).

Illla	MA	Estacions	Codi	EQR 2005	EQR 2007	Estat Ecològic 2005	Estat Ecològic 2007
Eivissa	IB-3	Port de Sant Miquel	1	0,85	0,73	Molt bo	Bo
	IB-3	Cala Xarraca (Xuçlà)	2	0,76	NA	Molt bo	NA
	IB-4	Cala Sant Vicent	3	0,85	0,64	Molt bo	Bo
	IB-4	Cala Negra	4	-	NA	-	NA
	IB-5	Cala Nova	5	0,81	NA	Molt bo	NA
	IB-5	Sta. Eulària - Ses Roquetes	6	0,92	0,69	Molt bo	Bo
	IB-6	Cala Llonga	7	0,80	0,74	Molt bo	Molt bo
	IB-6	Cala Roja (N)	8	0,83	0,66	Molt bo	Bo
	IB-7	Cala Talamanca	9	NA	NA	NA	NA
	IB-7	Platja d'en Bossa	10	NA	0,57	NA	Bo
	FO8	Punta de sa Torre	11	-	NA	-	NA
	FO8	Illa de ses Porreres	12	-	NA	-	NA
	FO-9	Caló d'en Trull / Cala Saona	16	0,76	0,80	Molt bo	Molt bo
	IB-1A	Sa Caixota	17	0,72	0,82	Bo	Molt bo
	IB-1A	Cala Tarida	18	0,76	0,72	Molt bo	Bo
	IB-2	Caló de s'Oli	19	-	NA	-	NA
	IB-2	Cala Gració	20	-	NA	-	NA
	IB-1B	Cala Salada	21	0,65	NA	Bo	NA
	IB-1B	Ses Balandres	22	0,89	0,93	Molt bo	Molt bo
	MA-3B	Sa Taleca	23	0,92	NA	Molt bo	NA
Mallorca	MA-3B	Cala Murta	25	-	0,47	-	Moderat
	MA-5	Badia de Pollença - el Caló / Hotel Formentor	27	NA	0,45	NA	Moderat
	MA-5	Badia de Pollença - Urb. del Mal Pas	28	0,85	NA	Molt bo	NA
	MA-6	Badia d'Alcúdia - Coll Baix	29	0,95	NA	Molt bo	NA
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	0,84	0,77	Molt bo	Molt bo
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de sa Canova	31	0,79	0,52	Molt bo	Bo
	MA-8	Betlem - Es Caló	32	NA	NA	NA	NA
	MA-8	Cala Agulla	33	-	NA	-	NA
	MA-9	Canyamel	34	0,76	0,63	Molt bo	Bo
	MA-9	Cala Petita	35	0,81	0,54	Molt bo	Bo
	MA-10	Cala d'Or	36	-	0,48	-	Bo
	MA-10	Cala Mondragó	37	0,55	0,56	Bo	Bo
	MA-11	Cala Llombards	38	0,53	0,51	Bo	Bo
Cabrera	MA-12	Conillera - Es Blanquer	39	NA	NA	NA	NA
	MA-12	Cabrera - l'Olla	40	0,7	0,47	Bo	Moderat
	MA-12	Cabrera - Port Cabrera	41	NA	NA	NA	NA
Mallorca	MA-11	Punta de sa Cova des Coloms	42	0,57	NA	Bo	NA
	MA-13	Cotimplà	43	NA	NA	NA	NA
	MA-13	Cap Roig	44	NA	NA	NA	NA
	MA-15	Badia de Palma - S'Arenal	47	0,67	0,76	Bo	Molt bo
	MA-15	Badia de Palma - Can Pastilla	48	0,65	0,63	Bo	Bo
	MA-16	Badia de Palma - Cala Major/Marivent	49	0,69	0,51	Bo	Bo
	MA-16	Badia de Palma - Cala Vinyes	50	0,7	0,53	Bo	Bo
	MA-1A	Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	-	0,49	-	Bo
	MA-1A	Es Banc d'Eivissa	52	NA	NA	NA	NA
	MA-2	Platja de Sta. Ponça	53	0,68	0,57	Bo	Bo

Illa	MA	Estacions	Codi	EQR 2005	EQR 2007	Estat Ecològic 2005	Estat Ecològic 2007
	MA-2	Peguera Palmira	54	NA	0,56	NA	Bo
	MA-1B	Cala en Cranc	55	0,7	0,55	Bo	Bo
	MA-1B	Sant Elm	56	0,52	0,52	Bo	Bo
	MA-3A	Cala Deià	58	0,88	0,65	Molt bo	Bo
	MA-4	Port Sóller (far / Cap Gros)	59	0,81	0,56	Molt bo	Bo
	MA-4	Platja Sóller	60	0,6	0,42	Bo	Moderat
Menorca	ME-2	Badia de Fornells (entrada)	61	NA	NA	NA	NA
	ME-2	Port de Fornells	62	0,56	NA	Bo	NA
	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	0,44	0,47	Moderat	Moderat
	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (S)	64	0,48	NA	Bo	NA
	ME-1A	Cap Gros / Cala Pudent	65	0,79	NA	Molt bo	NA
	ME-1B	Es Grau	66	0,71	NA	Bo	NA
	ME-3	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	0,40	0,41	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Illa Plana	69	0,41	0,42	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Cala Llonga	70	-	0,40	-	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Cala Rata	71	-	0,36	-	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	0,56	0,48	Bo	Bo
	ME-1C	Alcalfar/S'Algar	74	NA	NA	NA	NA
	ME-4	Binisafulla	76	-	NA	-	NA
	ME-4	Cala Galdana	77	0,68	0,48	Bo	Bo
	ME-5	Arenal son Saura	78	0,66	0,49	Bo	Bo
	ME-5	Cala Santandria	80	-	NA	-	NA
	ME-1A	Algaiarens	81	-	NA	-	NA
	ME-1A	Platja Cavalleria	83	-	NA	-	NA

De les 15 noves estacions mostrejades, 10 no s'han pogut avaluar ja que no tenien la mida de gra adequat. A més, a 11 estacions avaluades el 2005, s'han trobat sediments gruixuts el 2007 i no s'han pogut avaluar. Tanmateix, a 9 estacions per les quals la posició es va modificar lleugerament, han continuat resultant de sediments gruixuts. Per tant, s'ha passat d'un 63% d'estacions valorades, a un 57%, és a dir, hi ha hagut una lleugera disminució respecte el 2005.

Observant els resultats del 2007 i comparant-los amb els del 2005, de les 32 estacions comunes, 12 estacions han baixat de categoria, 2 estacions han pujat de categoria i 18 estacions es mantenen a la mateixa categoria. Així doncs, passen d'un estat *Molt bo* a *Bo* les estacions del port de Sant Miquel (1), cala Sant Vicent (3), Ses Roquetes (6), cala Roja (8), i cala Tarida (18) a Eivissa, la platja de sa Canova (31), Canyamel (34), cala Petita (35), cala Deià (58) i el port de Sóller (59), a Mallorca. Passen d'un estat *Bo* a *Moderat* les estacions de l'Olla a l'illa de Cabrera (40) i la platja de Sóller (60) a Mallorca. Passa d'un estat *Bo* a *Molt bo* l'estació de Sa Caixota (17) a Eivissa i S'Arenal (47) a Mallorca.

Conserven el seu estat *Molt Bo* les estacions de cala Llonga (7), caló d'en Trull (16) i Ses Balandres (22) a Eivissa, i la platja de Muro (30) a Mallorca. Conserven el seu estat *Bo* les

estacions de cala Mondragó (37), cala Llombards (38), can Pastilla (48), cala Major (49), cala Vinyes (50), la platja de Santa Ponça (53), cala Cranc (55) i sant Elm (56) a Mallorca, la cala Sant Esteve (73), cala Galdana (77) i l'Arenal son Saura (78) a Menorca. Conserven el seu estat *Moderat* les estacions de Ses Salines (63), el canal Illa del Llatzeret (68) i l'Illa Plana (69) a Menorca.

A les figures 14, 15 i 16 es representa la valoració per estació als mapes de la costa balear per a les diferents illes. De les 40 estacions valorades l'any 2007, un 15% (6 estacions) presenta un estat *Molt bo*, un 63% (25 estacions) presenta un estat *Bo* i un 22% (9 estacions) presenta un estat *Moderat* (taula 17).

D'aquestes 9 estacions en estat *Moderat* (taula 18), les de la massa d'aigua del port de Maó, de la badia de Fornells i de la badia de Sóller pertanyen ja a la xarxa operativa, perquè ja l'any 2005 van presentar estacions en estat *Moderat* o pressions antròpiques significatives. Atenent a les pressions existents a les masses d'aigua de les Illes Balears (Reviriego *et al.* 2008), el port de Maó (estacions 68, 69, 70 i 71) està sotmès a rigidificació de la costa, regeneració de platges, vessaments d'aigües residuals depurades, ús urbà i agropecuari del sòl, ports pesquers i esportius. A més, l'estació de la platja de Sóller (60) pertany a la massa d'aigua MA-4, que presenta també pressions significatives com serien vessament d'aigües residuals depurades, rigidificació de la costa, regeneració de platges, ús urbà i agropecuari del sòl o presència de port pesquer i esportiu. Pel que fa a l'estació (63) de la badia de Fornells (massa d'aigua ME-2), les pressions antròpiques són escasses, però podrien concentrar-se a la part interior de la badia en tractar-se d'aigües tancades amb escassa renovació. De fet, de les 4 estacions mostrejades a la badia de Fornells (61, 62, 63 i 64), només se n'ha pogut avaluar una de la part més interior de la badia (63), degut a que les altres estacions no presentaven una granulometria adequada.

Taula 18. Relació de les estacions en estat *Moderat* (Illa, sectors de costa o massa d'aigua, EQR, codi i nom de l'estació). Mostreig 2007.

Illa	MA	Estacions	Codi	EQR 2007
Mallorca	MA-3B	Cala Murta	25	0,47
	MA-5	Badia de Pollença - el Caló	27	0,45
	MA-12	Cabrera - l'Olla	40	0,47
	MA-4	Platja Sóller	60	0,42
Menorca	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	0,47
	ME-3	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	0,41
	ME-3	Port de Maó - Illa Plana	69	0,42
	ME-3	Port de Maó - Cala Llonga	70	0,40
	ME-3	Port de Maó - Cala Rata	71	0,36

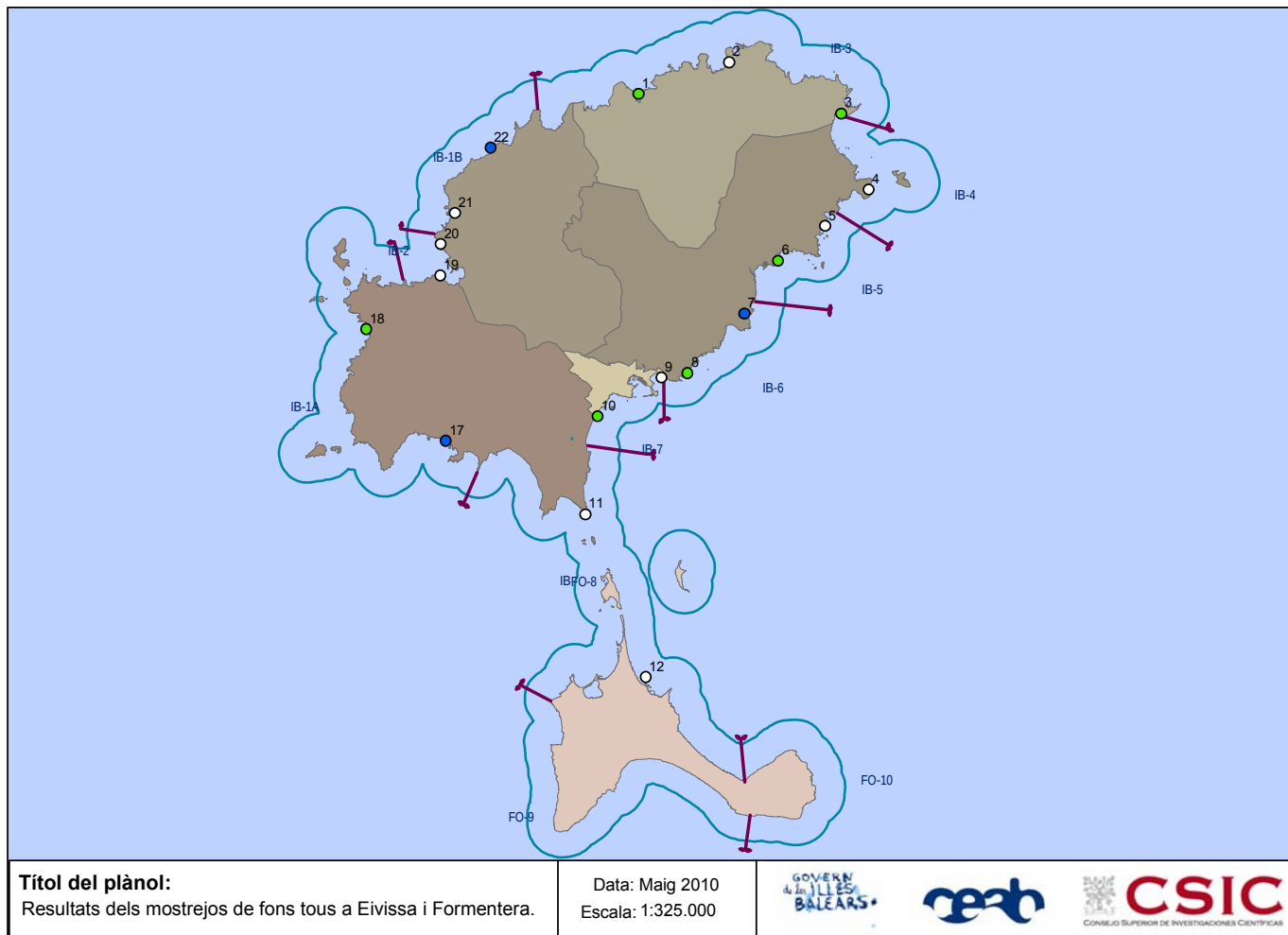


Figura 14. Estat ecològic de les estacions mostrejades a Eivissa i Formentera l'any 2007. Els punts en blanc indiquen les estacions no avaluades.

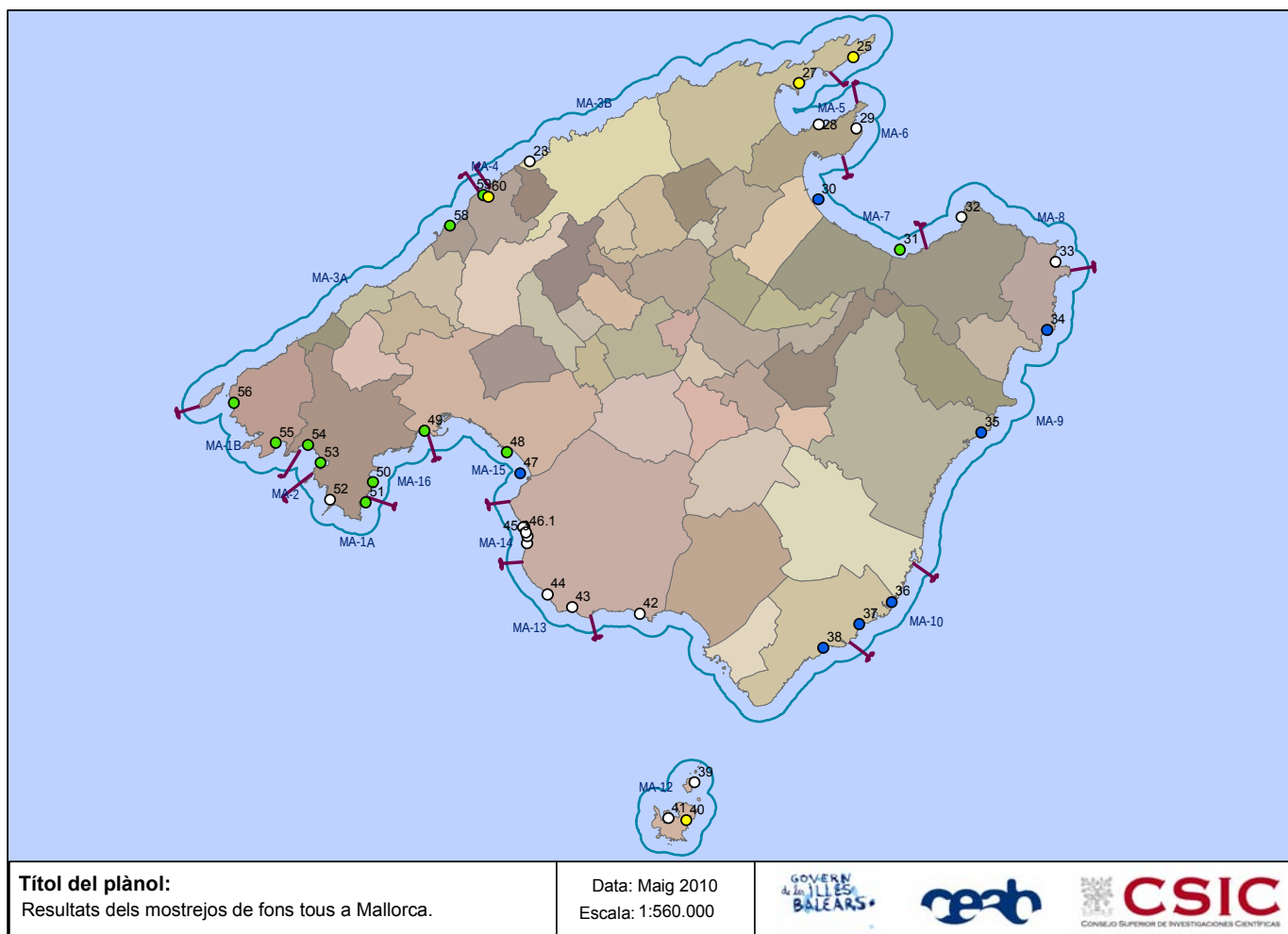


Figura 15. Estat ecològic de les estacions mostrejades a Mallorca i Cabrera l'any 2007. Els punts en blanc indiquen les estacions no avaluades.

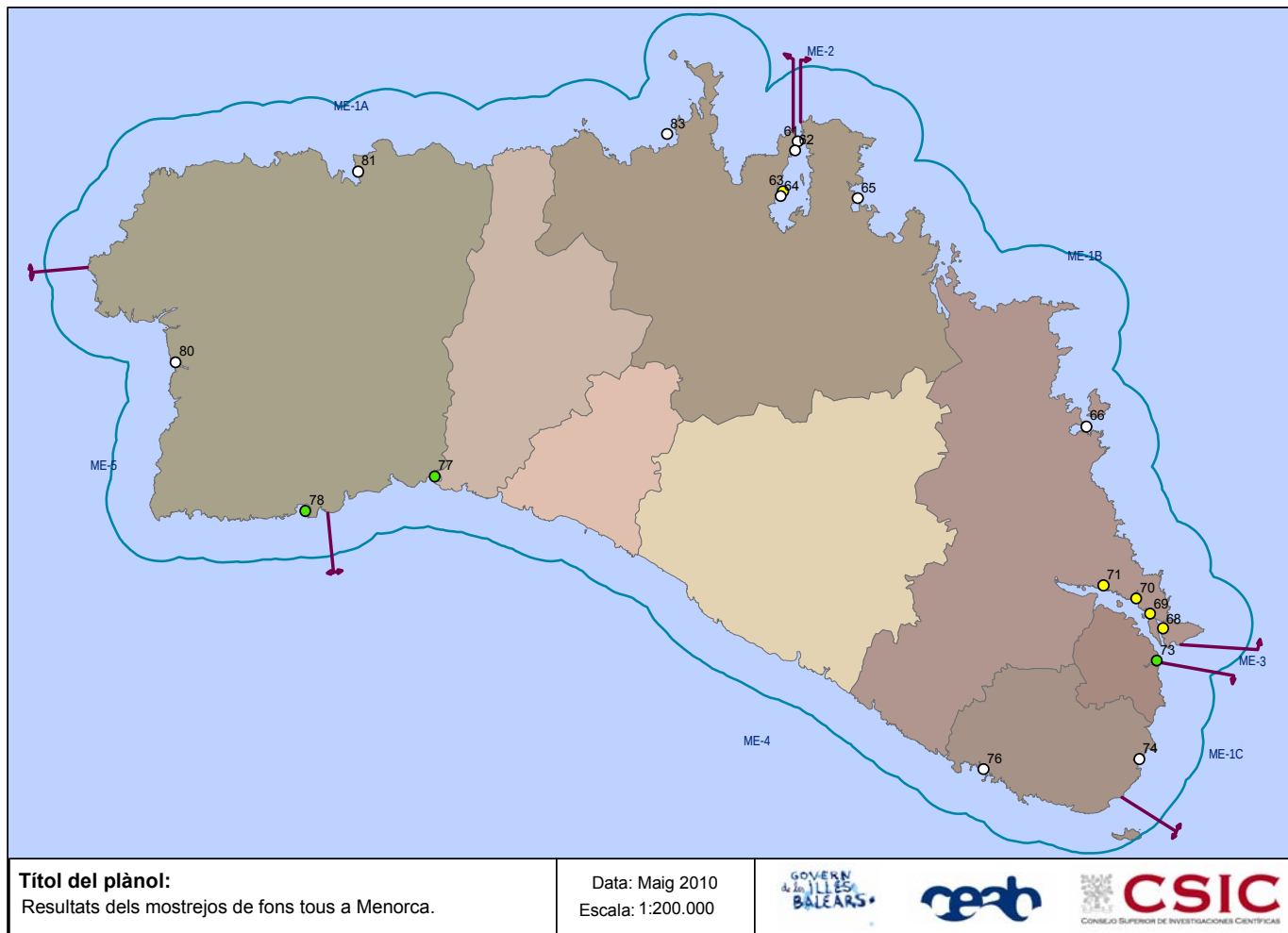


Figura 16. Estat ecològic de les estacions mostrejades a Menorca l'any 2007. Els punts en blanc indiquen les estacions no avaluades.

Les altres estacions amb un estat ecològic *Moderat* (25, 27 i 40), no destaquen per les pressions existents a les masses d'aigua a les que pertanyen. Fixant-se més en detall en la composició faunística d'aquestes estacions, s'observa que aquestes estacions tenen unes elevades abundàncies d'espècies del GEIII, amb un 72% a cala Murta (25), i un 80% a la badia de Pollença (27) i a l'Olla (40). Cal recordar que el grup GEIII és el de les espècies tolerants a l'enriquiment de matèria orgànica i que augmenten la densitat en augmentar la concentració de matèria orgànica. Aquests alts percentatges d'espècies tolerants es podrien explicar per tractar-se d'ambients alterats de manera natural degut als abundants restes de *Posidonia oceanica*, doncs la seva situació és en indrets on els herbeis de *Posidonia oceanica* cobreixen una gran extensió.

Cal destacar també aquelles estacions que tot i trobar-se en un bon estat ecològic estan properes al llindar amb l'estat *Moderat*, com són cala d'Or (36), cala Sant Esteve (73), i cala Galdana (77). Per altra banda, durant el 2007 s'ha observat un empitjorament en el valor d'EQR de l'estació de la platja de Sóller (60) malgrat que no la fa baixar de l'estat *Bo*.

A la taula 19 es presenten els resultats d'EQR i l'estat ecològic de les masses d'aigua de les Illes Balears durant els anys 2005 i 2007. La representació d'aquestes valoracions per illes, s'observa a les figures 17, 18 i 19. Recordem que no es va mostrejar cap estació a la massa d'aigua FO-10 per manca de sorres fines.

Taula 19. EQR i estat ecològic dels sectors de costa de les Illes Balears. NA: no avaluat (estacions de sorres gruixudes). Fracció de 500 µm.

Illia	MA	EQR MA 2005	EQR MA 2007	Estat ecològic MA 2005	Estat ecològic MA 2007
Eivissa	IB-1A	0,74	0,77	Molt bo	Molt bo
	IB-1B	0,77	0,93	Molt bo	Molt bo
	IB-2	NA	NA	NA	NA
	IB-3	0,81	0,73	Molt bo	Bo
	IB-4	0,85	0,64	Molt bo	Bo
	IB-5	0,87	0,69	Molt bo	Bo
	IB-6	0,82	0,70	Molt bo	Bo
	IB-7	NA	0,57	NA	Bo
	IBFO-8	NA	NA	NA	NA
	FO-9	0,76	0,80	Molt bo	Molt bo
	FO-10	-	-	-	-
Mallorca	MA-1A	NA	0,49	NA	Bo
	MA-1B	0,61	0,54	Bo	Bo
	MA-2	0,68	0,57	Bo	Bo
	MA-3A	0,88	0,65	Molt bo	Bo
	MA-3B	0,92	0,47	Molt bo	Moderat
	MA-4	0,71	0,49	Bo	Bo
	MA-5	0,85	0,45	Molt bo	Moderat
	MA-6	0,95	NA	Molt bo	NA
	MA-7	0,82	0,65	Molt bo	Bo
	MA-8	NA	NA	NA	NA
	MA-9	0,79	0,59	Molt bo	Bo
	MA-10	0,55	0,52	Bo	Bo
	MA-11	0,55	0,51	Bo	Bo
Cabrera	MA-12	0,7	0,47	Bo	Moderat
Mallorca	MA-13	NA	NA	NA	NA
	MA-14	NA	NA	NA	NA
	MA-15	0,66	0,70	Bo	Bo
	MA-16	0,70	0,52	Bo	Bo
Menorca	ME-1A	0,79	NA	Molt bo	NA
	ME-1B	0,71	NA	Bo	NA
	ME-1C	NA	NA	NA	NA
	ME-2	0,49	0,47	Bo	Moderat
	ME-3	0,46	0,41	Moderat	Moderat
	ME-4	0,68	0,48	Bo	Bo
	ME-5	0,66	0,49	Bo	Bo

Dels 36 sectors de costa definits a les Balears, 10 no han pogut ser avaluats per manca de sediment adequat, 3 es mantenen en un estat *Molt bo* (IB-1A, IB-1B i FO-9), 7 han passat de categoria *Molt bo* a *Bo* (IB-3, IB-4, IB-5, IB-6, MA-3A, MA-7 i MA-9), 9 es mantenen en estat *Bo* (MA-1B, MA-2, MA-4, MA-10, MA-11, MA-15, MA-16, ME-4 i ME-5), 2 no avaluats en 2005 es troben en estat *Bo* (IB-7 i MA-1A), 2 passen de *Molt bo* a *Moderat* (MA-3B i MA-5), 2 passen d'un estat *Bo* a *Moderat* (MA-12 i ME-2, trobant-se al llindar de la categoria), i 1 es manté en estat *Moderat* (ME-3). S'ha de tenir en compte que a les masses d'aigua que han passat d'un estat *Molt bo* a *Moderat* i de *Bo* a *Moderat*, l'esforç de mostreig ha estat baix amb només una estació mostrejada per massa. Aquest és el cas de les masses d'aigua de la serra de Tramuntana (MA-3B) i de la badia de Pollença (MA-5) que passen de *Molt bo* a *Moderat*, i de les de Cabrera (MA-12) i de la badia de Fornells (ME-2) que passen de *Bo* a *Moderat*. A més, s'ha de tenir en compte que a MA-3B i MA-5 no s'han avaluat les mateixes estacions els anys 2007 i 2005, essent les avaluades el 2005, molt bones. És important dir que les valoracions en estat *Moderat* obtingudes el 2007 per a les masses MA-3B, MA-12 i ME-2 estan molt properes al llindar de categoria entre el *Bo* i el *Moderat*.

Cal destacar que l'any 2007 ha quedat sense avaluar pràcticament tot el nord de Menorca (exceptuant la badia de Fornells ME-2) degut a la manca de sediments adequats per aplicar l'índex MEDOCC.

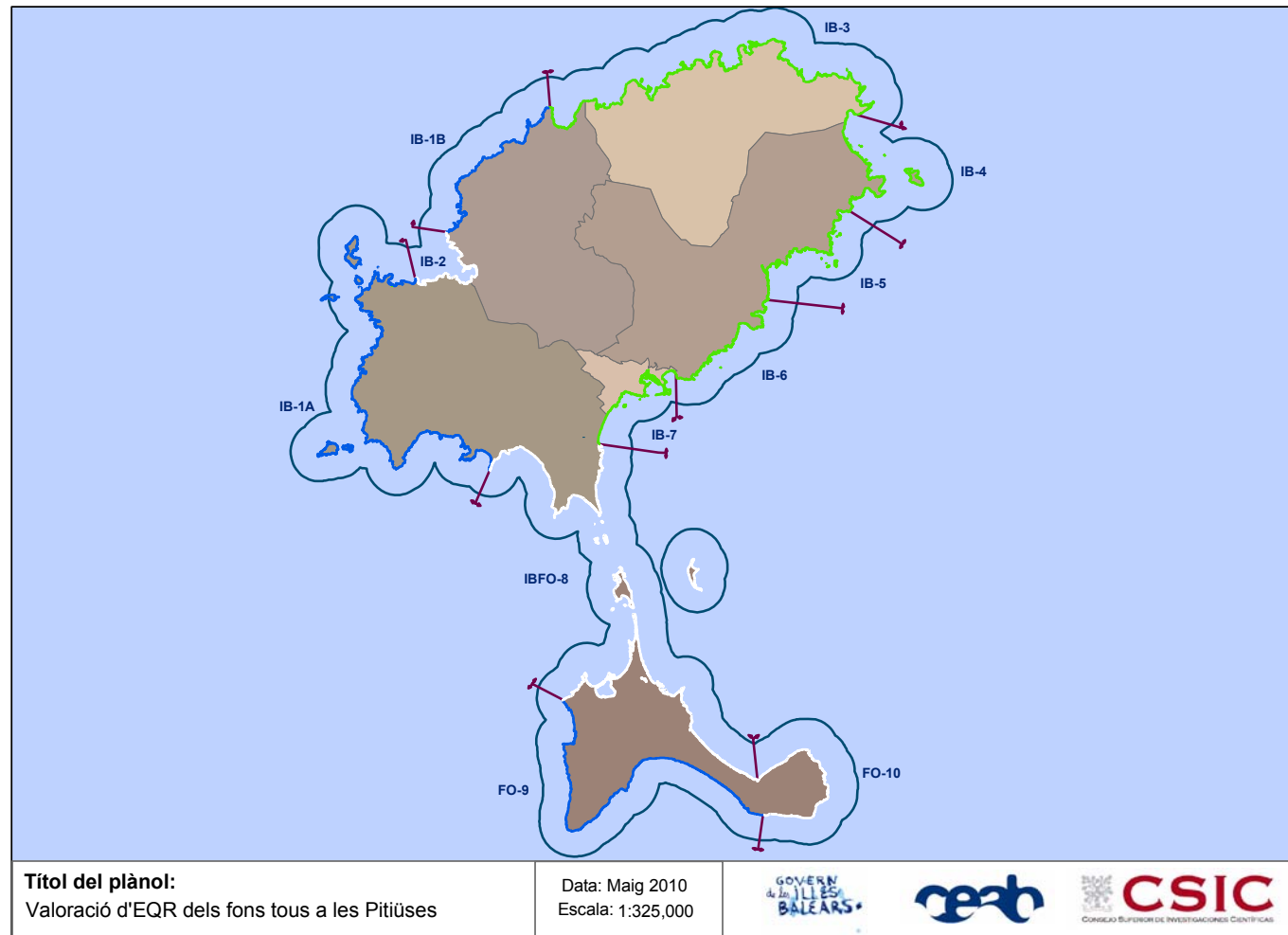


Figura 17. Estat ecològic dels sectors de costa mostrejats a Eivissa i Formentera l'any 2007. Les franges en blanc indiquen les masses d'aigua no avaluades.

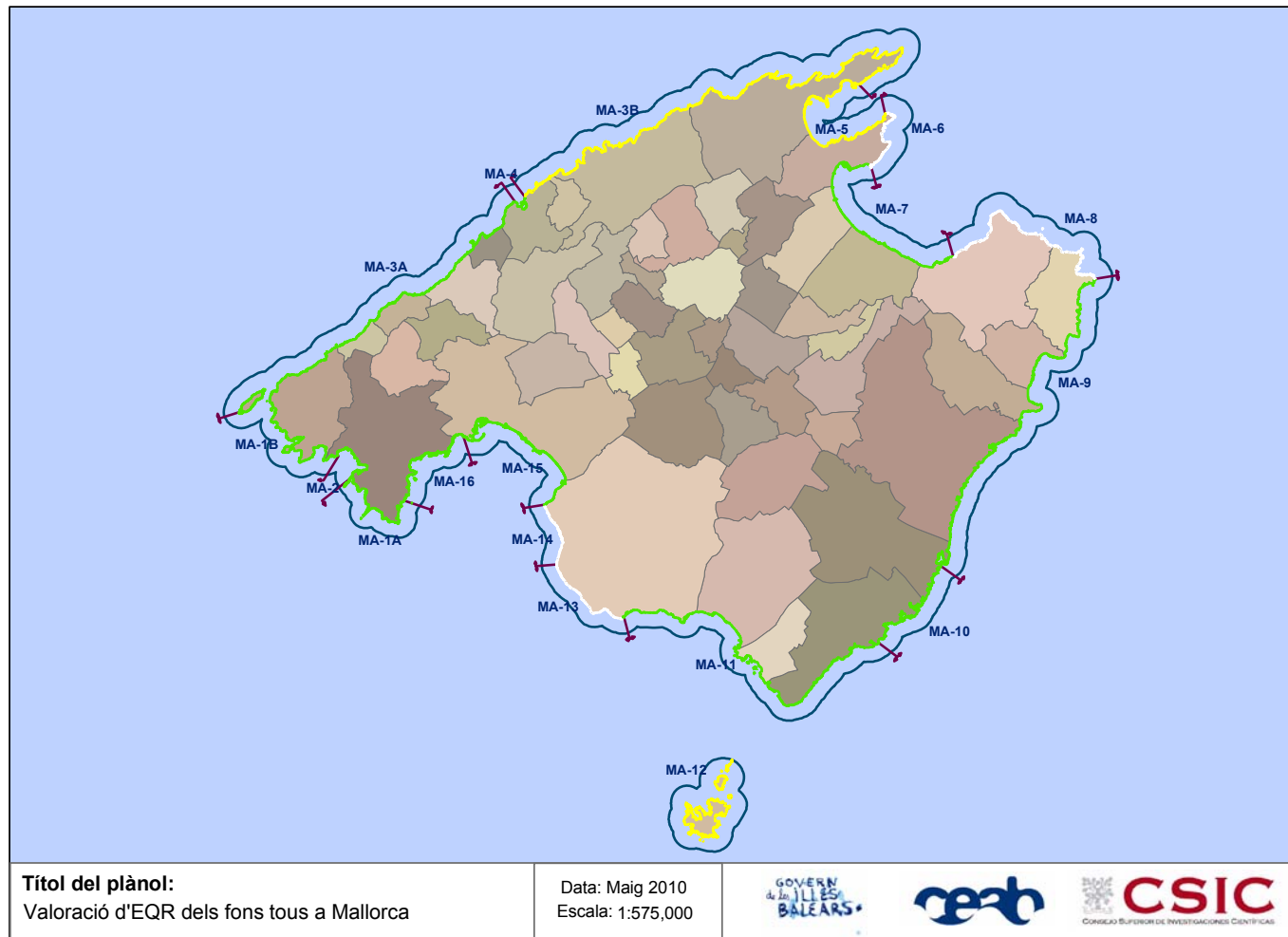


Figura 18. Estat ecològic dels sectors de costa mostrejats a Mallorca i Cabrera l'any 2007. Les franges en blanc indiquen les masses d'aigua no avaluades.

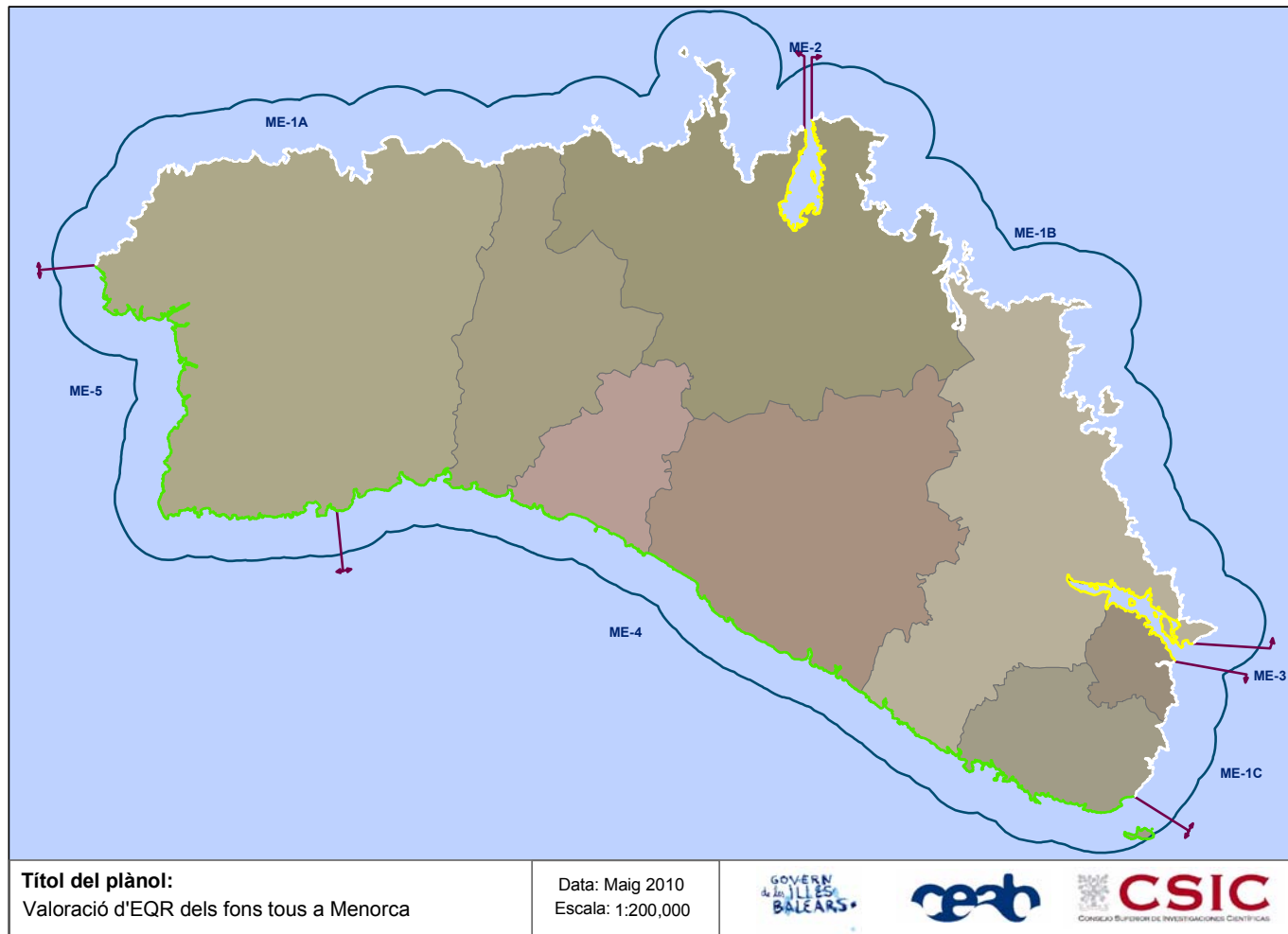


Figura 19. Estat ecològic dels sectors de costa mostrejats a Menorca l'any 2007. Les franges en blanc indiquen les masses d'aigua no avaluades.

Així doncs, i segons els resultats per l'any 2007, cinc sectors de costa es troben en incompliment de la DMA per estar en estat *Moderat* (taula 19). Aquests són MA-3B a la serra de Tramuntana, MA-5 a la badia de Pollença, MA-12 a Cabrera, ME-2 a la badia de Fornells, i ME-3 al port de Maó. És important tenir en compte que la badia de Fornells hauria de ser considerada com a tipus *indret tancat amb escassa renovació*, donat que tant les seves característiques geomorfològiques com les comunitats que hi viuen són diferents a les de les aigües costaneres obertes. Per altra banda, el port de Maó és una *massa d'aigua molt modificada*. Als sectors de costa de Cabrera (MA-12; caracteritzada per l'estació 40) i de la serra de Tramuntana (MA-3B, representat per l'estació 25) no existeixen pressions antròpiques que expliquin el seu estat *Moderat*. En menor grau, aquest és també el cas de la badia de Pollença (MA-5; caracteritzada per l'estació 27) on les pressions antròpiques són escasses però presents. L'elevada abundància d'espècies tolerants que causen l'estat *Moderat* és degut a l'abundància del bivalve *Loripes lacteus*. No obstant, aquesta abundància sembla deguda a que a Balears són freqüents els ambients alterats de manera natural degut als abundants restes vegetals (principalment de *Posidonia oceanica*).

Cal destacar també aquells sectors que tot i trobar-se en un bon estat ecològic, estan propers al llindar inferior amb *Moderat*, i per tant, cal considerar-los a l'hora de fer el seu seguiment i procurar la seva millora. Aquests són MA-1A i MA-4 a Mallorca, i ME-4 i ME-5 a Menorca. D'aquests, alguns tenien alguna estació en estat *Moderat* i d'altres tenien estacions en estat *Bo* però properes al llindar.

A la taula 20 es presenten els valors d'EQR i l'estat ecològic de les estacions mostrejades a les Illes Balears durant l'any 2007 per a la fracció de 500 i 1000 µm. En aquesta ocasió no es poden presentar dades per el 2005 doncs la fracció de 1000 µm no va ser mostrejada. Per fer el càlcul d'EQR s'ha aplicat el mateix valor de condició de referència de 0,5.

Taula 20. EQR i estat ecològic de les estacions de les Illes Balears. No es mostren les estacions no avaluades (veure taula 17). Mostreig 2007. Fracció de 500 µm i de 1000 µm.

Illla	MA	Estacions	Codi	EQR (500)	EQR (1000)	Estat Ecològic (500)	Estat Ecològic (1000)
Eivissa	IB-3	Port de Sant Miquel	1	0,73	0,78	Bo	Molt Bo
	IB-4	Cala Sant Vicent	3	0,64	0,67	Bo	Bo
	IB-5	Sta. Eulària - Ses Roquetes	6	0,69	0,82	Bo	Molt Bo
	IB-6	Cala Llonga	7	0,74	0,90	Molt bo	Molt Bo
	IB-6	Cala Roja (N)	8	0,66	0,89	Bo	Molt Bo
	IB-7	Platja d'en Bossa	10	0,57	0,52	Bo	Bo
Formentera	FO-9	Caló d'en Trull	16	0,8	0,75	Molt bo	Molt Bo
Eivissa	IB-1A	Sa Caixota	17	0,82	0,89	Molt bo	Molt Bo
	IB-1A	Cala Tarida	18	0,72	0,78	Bo	Molt Bo
	IB-1B	Ses Balandres	22	0,93	1,02	Molt bo	Molt Bo
Mallorca	MA-3B	Cala Murta	25	0,47	0,48	Moderat	Bo
	MA-5	Badia de Pollença - el Caló	27	0,45	0,46	Moderat	Moderat
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	0,77	0,77	Molt bo	Molt Bo
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de sa Canova	31	0,52	0,72	Bo	Bo
	MA-9	Canyamel	34	0,63	0,67	Bo	Bo
	MA-9	Cala Petita	35	0,54	0,64	Bo	Bo
	MA-10	Cala d'Or	36	0,48	0,54	Bo	Bo
	MA-10	Cala Mondragó	37	0,56	0,67	Bo	Bo
	MA-11	Cala Llombards	38	0,51	0,62	Bo	Bo
Cabrera	MA-12	Cabrera - l'Olla	40	0,47	0,77	Moderat	Molt Bo
Mallorca	MA-15	Badia de Palma - S'Arenal	47	0,76	0,70	Molt bo	Bo
	MA-15	Badia de Palma - Can Pastilla	48	0,63	0,59	Bo	Bo
	MA-16	Badia de Palma - Cala Major	49	0,51	0,62	Bo	Bo
	MA-16	Badia de Palma - Cala Vinyes	50	0,53	0,57	Bo	Bo
	MA-1A	Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	0,49	0,59	Bo	Bo
	MA-2	Platja de Sta. Ponça	53	0,57	0,58	Bo	Bo
	MA-2	Peguera Palmira	54	0,56	0,67	Bo	Bo
	MA-1B	Cala en Cranc	55	0,55	0,56	Bo	Bo
	MA-1B	Sant Elm	56	0,52	0,55	Bo	Bo
	MA-3A	Cala Deià	58	0,65	0,82	Bo	Molt Bo
	MA-4	Port Sóller (far)	59	0,56	0,62	Bo	Bo
	MA-4	Platja Sóller	60	0,42	0,37	Moderat	Moderat
Menorca	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	0,47	0,43	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	0,41	0,40	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Illa Plana	69	0,42	0,44	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Cala Llonga	70	0,4	0,42	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Cala Rata	71	0,36	0,38	Moderat	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	0,48	0,59	Bo	Bo
	ME-4	Cala Galdana	77	0,48	0,57	Bo	Bo
	ME-5	Arenal son Saura	78	0,49	0,55	Bo	Bo

Comparant aquests resultats, s'observa que hi ha alguna variació pel que fa a l'estat ecològic d'algunes de les estacions estudiades. Així doncs, cinc estacions que per a la fracció de 500 µm tenien un estat *Bo*, han passat a un estat *Molt bo* amb la fracció de 1000 µm. Observant els percentatges d'abundància dels diferents grups ecològics, en aquestes estacions hi ha una major retenció d'espècies del GEI (sensibles) a la fracció de 1000 µm respecte a la de 500 µm,

que arriba a ser del doble en alguns casos. A més, a la fracció de 500 µm queden retingudes més espècies tolerants que es perden amb la malla de 1000 µm, essent principalment els reclutes del bivalve *Loripes lacteus*.

Al contrari, l'estació de S'Arenal (47) passa d'un estat *Molt bo* a la fracció de 500 µm a *Bo* a la fracció de 1000 µm. En aquesta estació el grup més abundant a la fracció de 500 µm és el de les espècies indiferents (GEII) amb una clara disminució del percentatge d'espècies tolerants (GEIII) a la fracció de 1000µm.

Dues estacions passen d'un estat *Moderat* (fracció de 500µm) a un estat *Bo* o *Molt bo* (fracció de 1000 µm). Aquestes estacions són, respectivament, cala Murta (25) a la serra de Tramuntana i a l'Olla (40) a Cabrera, on aquesta millora del seu estat ecològic concorda amb el que caldria esperar en tractar-se de zones on no existeixen pressions antròpiques. Aquest canvi d'estat ve marcat per una disminució important de l'abundància del bivalve tolerant *Loripes lacteus* a la fracció de 1000 µm. Cal tenir en compte que a cala Murta (25) l'estat *Bo* trobat amb la fracció de 1000 µm es troba molt proper al llindar de la categoria de *Bo* a *Moderat*.

En termes generals, la pèrdua d'individus petits de *Loripes lacteus* amb la malla de 1000 µm és el més destacable. És possible que en utilitzar la malla de 1000 µm, bona part dels reclutes presents a la mostra passin pel forat de malla de manera que no quedin retinguts. A més, aquests petits individus no sempre arriben a adults i d'alguna manera poden donar informació esbiaixada de la composició de la comunitat i de retruc de la qualitat ecològica de l'indret estudiat, sobretot, si es té en compte que es tracta d'una espècie tolerant. Per altra banda i donada la dificultat de diferenciar entre juvenils de l'espècie *Loripes lacteus* (tolerant) i *Lunicella divaricata* (sensible), el mostreig per una malla de porus més gran evitaria aquesta mancança en eliminar els reclutes. Només l'estació de la badia de Pollença (MA-5), on escasses pressions antròpiques hi són presents, conserva el seu estat *Moderat*, probablement degut a que s'hi troben adults de *Loripes lacteus* que no es perden amb el canvi de malla.

Comparació dels índex MEDOCC i BOPA

A la taula 21 es presenten els resultats obtinguts aplicant l'índex BOPA, i es comparen amb l'estat ecològic derivat de l'aplicació de l'índex MEDOCC (fraccions de 500 i 1000 µm).

Taula 21. Comparació dels estats ecològics obtinguts aplicant l'índex BOPA (*Ecological Status*) i l'índex MEDOCC (*Ecological Quality Ratio*) a les estacions mostrejades a les Illes Balears durant el 2007. Fracció de 500 i 1000 µm. No es mostren les estacions no avaluades (veure taula 17).

Illla	MA	Estacions 2007	Codi	BOPA (500)	MEDOCC (500)	BOPA (1000)	MEDOCC (1000)
Eivissa	IB-3	Port de Sant Miquel	1	Molt bo	Bo	Molt bo	Molt bo
	IB-4	Cala Sant Vicent	3	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	IB-5	Sta. Eulària - Ses Roquetes	6	Molt bo	Bo	Molt bo	Molt bo
	IB-6	Cala Llonga	7	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Molt bo
	IB-6	Cala Roja (N)	8	Molt bo	Bo	Molt bo	Molt bo
	IB-7	Platja d'en Bossa	10	Bo	Bo	Bo	Bo
Formentera	FO-9	Caló d'en Trull	16	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Molt bo
Eivissa	IB-1A	Sa Caixota	17	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Molt bo
	IB-1A	Cala Tarida	18	Molt bo	Bo	Molt bo	Molt bo
	IB-1B	Ses Balandres	22	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Molt bo
Mallorca	MA-3B	Cala Murta	25	Molt bo	Moderat	Molt bo	Bo
	MA-5	Badia de Pollença - el Caló	27	Molt bo	Moderat	Molt bo	Moderat
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Molt bo
	MA-7	Badia d'Alcúdia - Platja de sa Canova	31	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-9	Canyamel	34	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-9	Cala Petita	35	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-10	Cala d'Or	36	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-10	Cala Mondragó	37	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-11	Cala Llombards	38	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
Cabrera	MA-12	Cabrera - l'Olla	40	Molt bo	Moderat	Molt bo	Molt bo
Mallorca	MA-15	Badia de Palma - S'Arenal	47	Molt bo	Molt bo	Molt bo	Bo
	MA-15	Badia de Palma - Can Pastilla	48	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-16	Badia de Palma - Cala Major	49	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-16	Badia de Palma - Cala Vinyes	50	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-1A	Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-2	Platja de Sta. Ponça	53	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-2	Peguera Palmira	54	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-1B	Cala en Cranc	55	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-1B	Sant Elm	56	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-3A	Cala Deià	58	Molt bo	Bo	Molt bo	Molt bo
	MA-4	Port Sóller (far)	59	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	MA-4	Platja Sóller	60	Molt bo	Moderat	Molt bo	Moderat
Menorca	ME-2	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	Molt bo	Moderat	Molt bo	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	Bo	Moderat	Bo	Moderat
	ME-3	Port de Maó - Illa Plana	69	Bo	Moderat	Bo	Moderat
	ME-3	Port de Maó- Cala Llonga	70	Bo	Moderat	Bo	Moderat
	ME-3	Port de Maó-Cala Rata	71	Bo	Moderat	Molt bo	Moderat
	ME-3	Port de Maó-Cala Sant Esteve	73	Molt bo	Bo	Molt Bo	Bo
	ME-4	Cala Galdana	77	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo
	ME-5	Arenal son Saura	78	Molt bo	Bo	Molt bo	Bo

Observant les valoracions obtingudes a la taula 21 per a la fracció de 500 µm, de les 40 estacions avaluades, 7 tenen la mateixa valoració (6 *Molt bo* i 1 *Bo*) i la resta baixen de categoria quan s'avaluen amb l'índex MEDOCC (24 de *Molt bo* a *Bo*, 5 de *Molt bo* a *Moderat* i

4 de *Bo* a *Moderat*). Observant les valoracions obtingudes per a la fracció de 1000 µm, 12 estacions tenen la mateixa valoració (11 *Molt bo* i 1 *Bo*) i la resta baixen de categoria (21 de *Molt bo* a *Bo*, 4 de *Molt bo* a *Moderat* i 3 de *Bo* a *Moderat*). Per ambues fraccions i basant-nos només en valoracions del BOPA, no es classificaria cap estació en estat *Moderat*.

Cal destacar, per a la fracció de 500 µm, les estacions de cala Murta (25), el Caló (27), l'Olla (40), la platja de Sóller (60), la de la badia de Fornells (63) i el port de Maó (68, 69, 70 i 71), ja que a l'avaluació amb el BOPA presenten un estat *Molt bo* o *Bo* i amb el MEDOCC un estat *Moderat*. Per altra banda, per a la fracció de 1000 µm, destaquen el Caló (27), la platja de Sóller (60), la badia de Fornells (63) i el port de Maó (68, 69, 70 i 71), que presenten amb el BOPA un estat *Molt bo* o *Bo*, i amb el MEDOCC un estat *Moderat*. Aquestes diferències podrien ser explicades pels baixos percentatges de poliquets oportunistes, i per l'abundància d'espècies tolerants en aquestes estacions, que no queda reflectida de manera directa amb el BOPA ja que considera només amfípodes i poliquets oportunistes en el càlcul.

Observant els resultats obtinguts amb l'aplicació de l'índex BOPA a ambdues fraccions es veu que no hi ha diferències. També dir, que els resultats de BOPA són tots de *Bo* i *Molt bo*, no essent capaç de detectar les zones més alterades com la badia de Fornells (63) i el port de Maó (68, 69, 70 i 71).

A la vista dels resultats, es veu que les valoracions fetes segons l'índex BOPA afavoreixen els resultats "positius" no representant l'estat ecològic de les aigües estudiades. No és capaç de diferenciar ambients alterats (encara que siguin de tipus natural), associats a una elevada presència d'individus del GEIII. Aplicant aquest índex al gradient antròpic de S'Arenal, s'ha observat que tampoc és capaç de detectar cap alteració, donant resultats de *Bo* i fins i tot *Molt bo*. Aquest índex, per tant, donaria uns resultats sobrevalorats de manera que podria portar a una reducció de l'esforç de vigilància essent, a la llarga, contraproductiu.

CONCLUSIONS

Caracterització fisicoquímica del sediment

- Dels 36 sectors de costa definits a les Illes Balears, 24 estan exempts de problemes pel que fa a la seva qualitat fisicoquímica. Només la massa d'aigua FO-10 ha quedat sense caracterització fisicoquímica degut a que no es va mostrejar per manca de sorres fines.
- Tal com es va veure a l'informe final de 2007, es confirma que els alts nivells de matèria orgànica i metalls es concentren a la *massa d'aigua molt modificada* del port de Maó (ME-3) i a la massa d'aigua de la badia de Fornells (ME-2), on es dona un confinament dels sediments. Es proposa que la badia de Fornells sigui considerada com a tipus *indret tancat amb escassa renovació* (tipus proposat a partir dels factors operatius del sistema B de la classificació per a les aigües costaneres de l'Annex II de la DMA), donat que tan les seves característiques geomorfològiques com les comunitats que hi viuen són diferents a les de les aigües costaneres obertes.
- Dins la *massa d'aigua molt modificada* del port de Maó (ME-3), a la cala Sant Esteve (estació 73) la qualitat fisicoquímica és bona, el que fa pensar que es podria excloure d'aquesta massa d'aigua redefinint el seu límit amb la massa d'aigua següent (ME-1C), però només si aquests resultats es confirmen amb els resultats de macroinvertebrats, macroalgues i de la resta d'elements biològics de qualitat diferents als estudiats en el present informe.
- Malgrat el seu estat ecològic *Bo* o *Molt bo*, s'han trobat indicis de contaminació per metalls al port de Sant Miquel (1), Ses Roquetes (6), i Sa Caixota (17). Es proposa el seguiment dins de la xarxa operativa de les estacions 1 i 17; l'estació 6 ja està inclosa per presentar contaminació per metalls en el mostreig de l'any 2005.
- Altres estacions que presenten indicis de contaminació per metalls, però on no s'ha pogut avaluar l'estat ecològic per estar caracteritzades per sorres gruixudes, són Sa Taleca (23), Es Grau (66) i cala Cavalleria (83). Aquestes dues primeres estacions van ser avaluades al mostreig de 2005, presentant un estat ecològic *Molt bo* i *Bo*, respectivament. Es proposa el seu seguiment fisicoquímic dins de la xarxa operativa, així com la possibilitat de cercar i mostrejar una estació propera de sorres fines, amb l'objectiu d'obtenir més informació tant de les característiques fisicoquímiques com de la composició de la comunitat.

Caracterització de la comunitat

- S'han trobat diferències clares entre les comunitats d'aigües obertes de Balears (dominades pel bivalve tolerant *Loripes lacteus*) i les d'aigües modificades (port de Maó i de S'Arenal) dominades per oligoquets, nematodes, nemertins, el crustaci *Leptochelia savigny*, i els poliquets *Micronephtys maryae* i *Prionospio fallax*, tots ells tolerants i oportunistes.
- Les espècies característiques de les comunitats de les aigües obertes de la xarxa de 2007 a tota la costa balear han estat el bivalve *Loripes lacteus* (tolerant), com s'ha esmentat anteriorment, el poliquet *Paradoneis armata* (tolerant) i els crustacis *Apseudes latreillii* (indiferent) i *Ampelisca brevicornis* (sensible). En canvi, a la zona de influència del port de S'Arenal, el bivalve *Donax trunculus* (sensible) és exclusiu. Les aigües obertes de les Illes Balears presenten certes particularitats, com ara l'elevada abundància d'espècies tolerants (p.e. *Loripes lacteus*) i la tendència cap a una menor abundància d'espècies sensibles, fins i tot, a zones on no existeixen pressions antròpiques. Aquesta abundància d'espècies tolerants podria estar relacionada amb la variació de les condicions no alterades, derivades dels elevats continguts de matèria orgànica d'origen natural (restes vegetals) trobats al sediment, i no estarien indicant enriquiment orgànic d'origen antròpic.
- Pel que fa a les aigües modificades, les comunitats del port de Maó, on són més abundants els nematodes (tolerants) i exclusius els poliquets *Micronephtys maryae* (tolerant) i *Abyssoninoe hibernica* (indiferent), s'han diferenciat de les comunitats del port de S'Arenal, on són més abundants el crustaci *Leptochelia savigny* i el bivalve *Loripes lacteus* (ambdues espècies tolerants), i exclusius els oligoquets (oportunistes).
- A la cala Sant Esteve (73), inclosa dins de la *massa d'aigua molt modificada* del port de Maó (ME-3), s'ha trobat una comunitat diferent de la resta d'estacions d'aquesta massa d'aigua, i semblant a la de les aigües obertes (són abundants *Paradoneis armata* i *Apseudes latreillii*).
- A l'estació de la badia de Fornells (63), s'ha trobat una comunitat diferenciada de la de les aigües obertes. Es tracta d'una zona molt tancada, i atenent a les seves particularitats, tal com s'ha esmentat anteriorment, es proposa que sigui considerada com a tipus *indret tancat amb escassa renovació*.
- Les diferències en la composició de la comunitat quan es treballa amb els organismes retinguts a la malla de 500 µm i de 1000 µm són escasses i no significatives, essent degudes principalment a la pèrdua de reclutes (de mida petita) del bivalve tolerant *Loripes lacteus*.

Avaluació de l'estat ecològic

- Atenent a les particularitats de les Illes Balears, on les espècies tolerants són molt abundants en detriment d'espècies sensibles, com a condició de referència s'ha escollit un valor de MEDOCC de 0,5, que es correspon amb una composició d'un 80% d'espècies sensibles, 15% d'espècies indiferents, i 5% d'espècies tolerants.
- Es conclou que dels 26 sectors avaluats a les Illes Balears, 21 presenten un estat *Bo* i *Molt bo*. Deu sectors (IB-2, IBFO-8, FO-10, MA-6, MA-8, MA-13, MA-14, ME-1A, ME-1B i ME-1C) no s'han pogut avaluar per manca d'estacions de sorres fines.
- Dels 26 sectors avaluats, i per la fracció de 500 µm, 5 incomplien la DMA per trobar-se en estat ecològic *Moderat*. Es tracta de MA-3B, MA-5, MA-12, ME-2 i ME-3.
- L'estat *Moderat* de MA-5 (badia de Pollença; representada per l'estació 27) i MA-12 (Cabrera; caracteritzada per l'estació 40) no s'explica per problemes respecte a la seva qualitat fisicoquímica, i tan sols a la badia de Pollença es podria explicar per la concentració de pressions antròpiques. Per a cadascuna d'aquestes dues masses d'aigua s'ha avaluat només una estació, i en ambdues dominen les espècies tolerants degut a l'elevada abundància del bivalve *Loripes lacteus*. En qualsevol cas MA-12 també pren un valor d'EQR proper al límit entre *Bo* i *Moderat*.
- La massa d'aigua MA-3B (serra de Tramuntana), malgrat trobar-se en estat ecològic *Bo*, té una estació en estat *Moderat* (cala Murta, 25). De nou, l'estat *Moderat* d'aquesta estació no s'explica per problemes respecte a la seva qualitat fisicoquímica ni per la concentració de pressions antròpiques, i és també degut a la dominància del bivalve *Loripes lacteus* (tolerant).
- L'estat *Moderat* de la badia de Fornells (ME-2) ve donat només per una de les estacions més interiors de la badia (la resta no s'ha pogut avaluar per presentar sorres gruixudes). Cal destacar que només s'han trobat problemes d'enriquiment orgànic i per metalls a la part interna de la badia, però no a la part externa. Es tracta d'una zona molt tancada, i atenent a les seves particularitats, es proposa que sigui considerada com a tipus *indret tancat amb escassa renovació*, pel que caldria definir un potencial ecològic diferent al de l'estat ecològic de les aigües obertes. En qualsevol cas també pren un valor d'EQR al límit entre l'estat *Moderat* i *Bo*.

- El port de Maó (ME-3) es troba en estat *Moderat* (estacions 68-71), i s'hi donen problemes de confinament dels sediments, trobant-se altes concentracions de matèria orgànica i metalls, que es reflecteixen en la seva qualitat fisicoquímica. Es tracta d'una *massa d'aigua molt modificada*, i el seu potencial ecològic encara s'ha de definir.
- La badia de Sóller (MA-4), malgrat trobar-se en un estat ecològic *Bo*, inclou una estació en un estat ecològic *Moderat*, concordant amb la baixa qualitat fisicoquímica trobada al port de Sóller.
- Tres estacions presenten risc d'incompliment de la DMA, ja que malgrat trobar-se en estat ecològic *Bo*, estan properes al llindar *Moderat*. Es tracta de platja cala d'Or (36) a Mallorca; i cala Sant Esteve (73) i cala Galdana (77) a Menorca. Totes elles tenen un valor d'EQR de 0,48.
- Quan s'avalua l'estat ecològic utilitzant els organismes que queden retinguts a la malla de 1000 µm (en comptes de la de 500 µm), les masses d'aigua on no existeixen pressions antròpiques milloren el seu estat ecològic, la qual cosa concorda amb el que seria d'esperar. Aquest és el cas de l'estació (i per tant el sector de costa que caracteritza) de la serra de Tramuntana (MA-3B) i de la de Cabrera (MA-12) que passen d'un estat *Moderat* a *Bo* i *Molt bo* respectivament. Aquest canvi d'estat és degut a que amb la malla de 1000 µm es perden, principalment, els reclutes del bivalve tolerant *Loripes lacteus* (espècie que determina l'estat *Moderat* d'aquestes estacions).
- Per a futurs estudis, creiem que es podria treballar amb la malla de 1000 µm, en substitució de la malla de 500 µm. Això, no només facilita les tasques de identificació, si no que es perden principalment els reclutes del bivalve tolerant *Loripes lacteus*, la qual cosa té dos avantatges. Per una banda, s'evita que donin informació esbiaixada de l'estat ecològic de l'indret estudiat (tenint en compte que es tracta d'una espècie tolerant), ja que aquests petits individus no sempre arriben a adults. Per altra banda, s'elimina la dificultat de diferenciar entre juvenils (de mida petita) de *Loripes lacteus* (tolerant) i *Lucinella divaricata* (sensible). Tot i que s'hauria fer un segon estudi comparant els resultats entre les fraccions de 1000 µm i 500 µm, per garantir la fiabilitat d'aquests resultats.
- L'avaluació de l'estat ecològic segons l'índex BOPA no classifica cap estació en un estat ecològic *Moderat*, a diferència de les valoracions obtingudes segons l'índex MEDOCC. Per tant, no és capaç de detectar les zones més alterades, donant una sobrevaloració que podria

portar a una reducció dels esforços de millora de la qualitat ambiental necessaris, i no es recomana la seva utilització.

CAPÍTOL 2: XARXA DE INVESTIGACIÓ BASADA EN ELS MACROINVERTEBRATS DE FONS TOUS

OBJECTIUS

Aquesta xarxa consta de dos estudis diferents:

(1) l'estudi de l'origen de la matèria orgànica del sediment a les Illes Balears mitjançant l'anàlisi de les traces isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ de les mostres agafades durant juny i juliol de 2007.

(2) l'estudi dels canvis a les comunitats de macroinvertebrats bentònics al llarg d'un gradient físicoquímic degut a un enriquiment orgànic i a contaminació per metalls, a partir de mostres agafades el mes de juny de 2009 a la zona del port de S'Arenal.

ESTUDI DE L'ORIGEN DE LA MATÈRIA ORGÀNICA

Introducció

El contingut en matèria orgànica en el sediment sempre ha estat un factor important per determinar la qualitat de les aigües, i té un efecte important en la composició i abundància de les comunitats de macroinvertebrats bentònics. De fet, alts continguts de matèria orgànica provoquen canvis en la composició de la comunitat cap a espècies més tolerants (Hyland *et al.* 2005).

Els valors de matèria orgànica en el sediment a les Illes Balears són molt elevats, fins i tot a zones on no existeixen pressions antròpiques (veure informe final de 2007 i capítol 1 del present informe). Això fa pensar en el seu origen natural provocat per l'acumulació de detritus vegetals (restes de macroalgues i fanerògames marines). De fet, se sap que l'acumulació de restes vegetals juga un paper important en el funcionament dels ecosistemes bentònics (Enriquez *et al.* 1993). Aquesta matèria orgànica autòctona pot, en tractar-se d'ambients alterats, provocar canvis en la comunitat de macroinvertebrats cap a espècies més tolerants de forma similar als canvis induïts pels aportos antròpics de matèria orgànica (Como *et al.* 2007). No obstant, aquests canvis no necessàriament tenen relació amb una baixa qualitat ambiental del ecosistema.

En el present treball, i seguint les recomanacions fetes a l'informe final de l'any 2007, s'ha fet un estudi exhaustiu de l'origen de la matèria orgànica del sediment a la costa balear, i de les seves implicacions sobre la composició de les comunitats de macroinvertebrats bentònics de fons tous.

Metodologia

L'estudi de l'origen de la matèria orgànica del sediment s'ha realitzat mitjançant l'anàlisi de les traces isotòpiques de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ a les mostres de sediment agafades durant juny i juliol de 2007 en el marc de les xarxes de vigilància i operativa.

Les senyals isotòpiques de les mostres s'han comparat amb les senyals isotòpiques de les principals fonts de matèria orgànica obtingudes a partir de la bibliografia (taula 22). A l'hora de fer aquesta comparació, s'ha de tenir en compte que la interpretació dels resultats s'ha de fer amb cura degut a certes limitacions conceptuals i metodològiques. La principal limitació conceptual és deguda a que l'anàlisi de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ dona un valor mig, que no correspon a la senyal específica de cap de les fonts. A aquest valor mig poden contribuir les senyals de diferents fonts en diferent proporció. Les limitacions metodològiques principals deriven, per una banda, de la complexitat de les mostres, les quals consisteixen en una barreja de material sedimentari, de restes vegetals (principalment de *Posidonia oceanica*), i de carbonats biogènics; i per l'altra, de les dificultats trobades per a la descalcificació de les mostres.

Taula 22. Valors de les senyals isotòpiques de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ de les principals fonts de matèria orgànica obtingudes a partir de la bibliografia, i les seves corresponents referències.

Fonts de matèria orgànica (MO)		$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$	Referències
d'origen antròpic	Fertilitzants	$-24 \geq \delta^{13}\text{C} \geq -29$	$-4 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 4$	Vitòria <i>et al.</i> 2004, Kendall <i>et al.</i> 2007
	Residuals, aquicultura, olis de ports	$-23 \geq \delta^{13}\text{C} \geq -28,5$	$10 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 20$	Vizzini & Mazzola 2004, Kendall <i>et al.</i> 2007, Andrews <i>et al.</i> 1998
d'origen terrestre (MO de sòl, detritus de plantes terrestres)		$-25 \geq \delta^{13}\text{C} \geq -30$	$-6 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 15$	Tesi <i>et al.</i> 2007, Dauby 1989, Filella & Peñuelas 2003
MO Particulada (POM) de l'aigua + fitoplàncton + zooplàncton		$-19 \geq \delta^{13}\text{C} \geq -24$	$3 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 6$	Harmelin-Vivien <i>et al.</i> 2008, Dauby 1989, Cardona <i>et al.</i> 2007, Jennings <i>et al.</i> 1997
Macroalgues + Epífits foliars de fanerògames		$-13 \geq \delta^{13}\text{C} > -23$	$1 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 3,5$	Vizzini & Mazzola 2006, Cardona <i>et al.</i> 2007, Dauby 1989, Holmer <i>et al.</i> 2004, Jennings <i>et al.</i> 1997
<i>P. oceanica</i> (fulles velles, rizomes i detritus)		$-11 \geq \delta^{13}\text{C} > -16$	$2 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 5$	Fourqurean <i>et al.</i> 2006, Jennings <i>et al.</i> 1997, Cardona <i>et al.</i> 2007, Holmer <i>et al.</i> 2004
<i>C. nodosa</i> (fulles, arrels i detritus)		$-7 \geq \delta^{13}\text{C} > -9$	$1 \leq \delta^{15}\text{N} \leq 5$	Dauby 1989, Holmer <i>et al.</i> 2004

Resultats

A la figura 20 es representen les senyals isotòpiques de les dues rèpliques per estació en relació a les senyals isotòpiques de les fonts de matèria orgànica. Les mostres presenten una variabilitat entre rèpliques relativament elevada, degut a la ja esmentada complexitat de les mostres, que provoca una alta heterogeneïtat entre elles. S'observa una tendència de les mostres cap a la senyal de la matèria orgànica autòctona (material orgànic particulat, macroalgues i fanerògames marines), i amb escassa influència de les senyals de la matèria orgànica d'origen terrestre i antròpic (aigües residuals i fertilitzants).

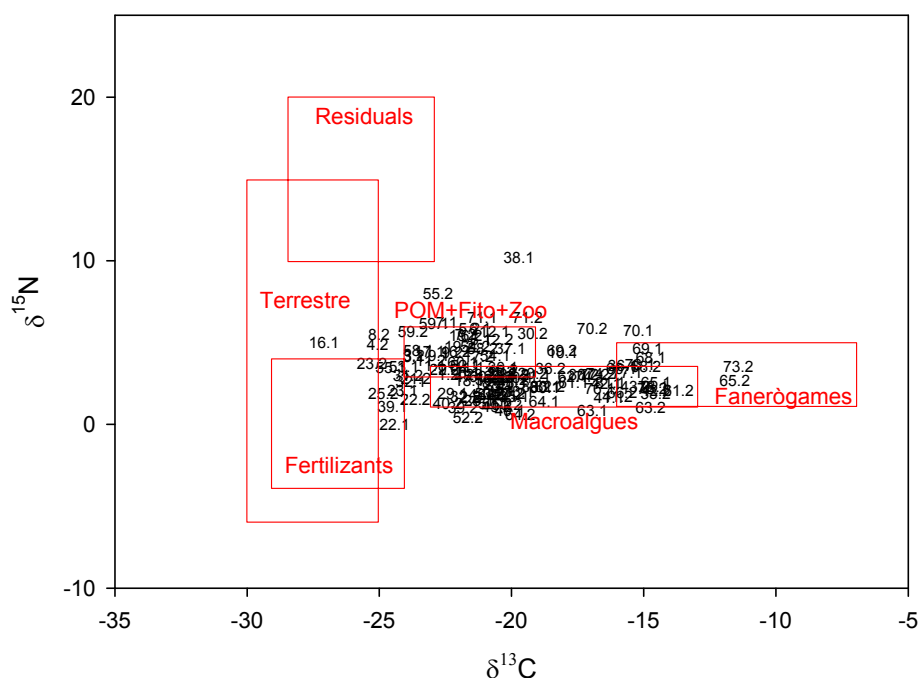


Figura 20. Representació de les dues rèpliques per estació segons les seves senyals isotòpiques de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ i posició relativa a les senyals de les fonts (quadrats vermells). Mostreig de 2007 (71 estacions).

A la figura 21 es representen les estacions (promig de les dues rèpliques) segons els valors de les senyals isotòpiques, i el seu estat ecològic segons l'avaluació feta a les xarxes de vigilància i operativa (veure taula 17 del capítol 1). S'observa que les estacions classificades per l'índex MEDOCC en estat *Moderat* i d'algunes estacions en estat *Bo* es situen a la dreta del gràfic, la qual cosa pot indicar que tenen una matèria orgànica amb una elevada proporció de macroalgues i fanerògames. D'aquestes, només les estacions en estat *Moderat* presenten continguts de matèria orgànica que superen el 5% (veure taula 8 del capítol 1). Això succeeix a les estacions del tipus *indret tancat amb escassa renovació* de la badia de Fornells (63), i de la

massa d'aigua molt modificada del port de Maó (68-71). Aquest valor del contingut en matèria orgànica del 5% suposa un llindar, a partir del qual les comunitats de macroinvertebrats canvien cap a comunitats alterades (dominància d'espècies tolerants, amb una presència considerable d'espècies oportunistes). Cal destacar però que aquest valors alts de matèria orgànica són en part d'origen autòcton.

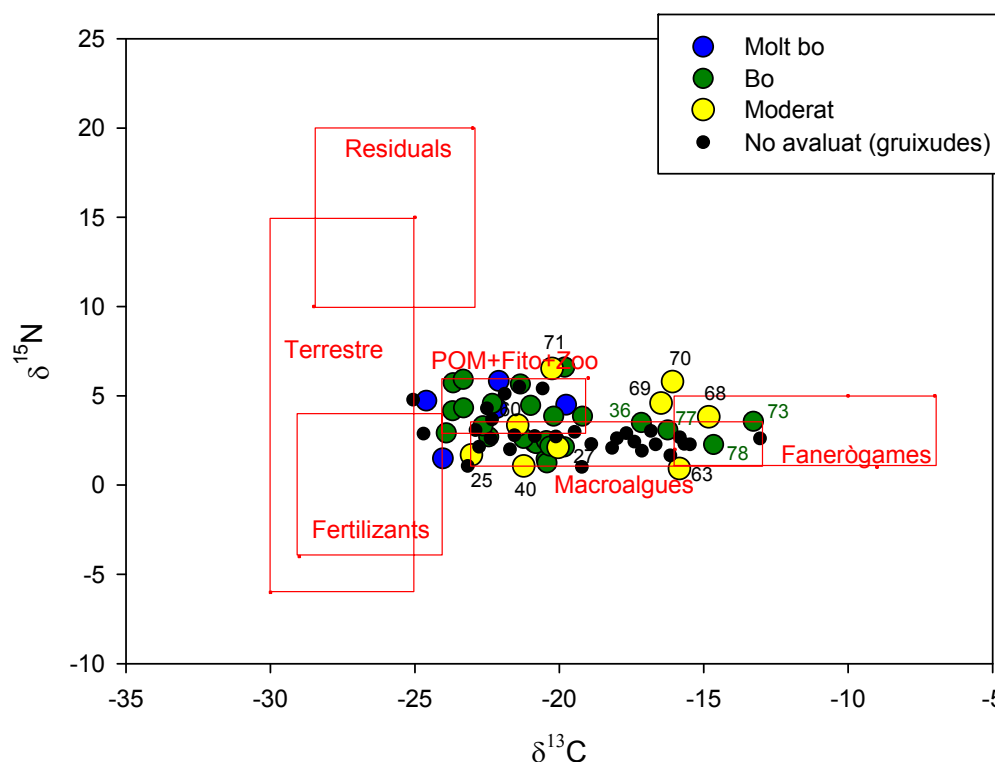


Figura 21. Representació de les estacions segons les seves senyals isotòpiques de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ (cercles) i posició relativa a les senyals de les fonts (quadrats vermells). Els colors dels cercles representen les valoracions de l'estat ecològic obtingudes mitjançant l'aplicació de l'índex MEDOCC (mostreig de 2007, fracció de 500 μm ; veure llegenda). Es senyalen els codis de les estacions en estat *Moderat* (números negres), i de les estacions en estat *Bo* (números verds) amb una alta influència de les senyals de macroalgues i fanerògames marines.

En canvi, les estacions en estat *Bo* amb influència important d'aquestes fonts autòctones de matèria orgànica, prenen valors inferiors al 3%. Això passa a les estacions de Portocolom (36), cala Sant Esteve (73), cala Galdana (77) i Arenal de Son Saura (78). A les aigües obertes, aquests continguts de matèria orgànica propers al 3%, potencien, en general, el desenvolupament de comunitats amb dominància d'espècies tolerants i sobretot d'oportunistes. No obstant, a la costa balear no s'observa aquest tipus d'alteració (les espècies oportunistes són gairebé absents), i les estacions amb aquests valors de matèria orgànica presenten un bon estat ecològic. Això és degut a que a les Illes, gran part d'aquesta matèria orgànica procedeix de restes de fanerògames (principalment de *Posidonia oceanica*). Aquests restes vegetals redueixen

el temps d'exposició dels animals bentònics als compostos tòxics típics dels sediments anòxics (enriquits en matèria orgànica), ja que, per una banda, redueixen la quantitat de partícules fines al sediment i la compactació del mateix, afavorint la seva oxigenació; i per altra banda, tenen una naturalesa altament refractària amb una baixa taxa de descomposició (Como *et al.* 2007). A més, la seva naturalesa refractària fa que aquesta matèria orgànica no pugui ser utilitzada com a recurs tròfic pels macroinvertebrats detritívors, de manera que no s'afavoreix la seva proliferació.

Per altra banda, la resta d'estacions en estat *Moderat* tenen unes senyals isotòpiques que les situen prop de les senyals de les macroalgues i del material particulat, fitoplàncton i zooplàncton. Es tracta de les estacions de cala Murta (25), badia de Pollença (27), l'Olla (40), platja de Sóller (60), i port de Maó (71). D'aquestes, només l'estació del port de Maó (cala Rata, 71) presenta un contingut en matèria orgànica que supera el 5%. En aquesta estació, la comunitat és típica d'ambients modificats (veure fig. 10 del capítol 1), essent molt abundants els nematodes (tolerants) i els poliquets *Prionospio fallax* (oportunist) i *Micronephthys maryae* (tolerant). A la platja de Sóller (60) el contingut en matèria orgànica és proper al 3%, i prové d'una barreja d'influències de fonts naturals i antròpiques. Aquí, trobem també una comunitat alterada, on dominen els poliquets *Capitella capitata* (oportunist), *Paradoneis armata* (tolerant) i *Spio decoratus* (tolerant). Recordem que la badia de Sóller és una zona tancada, sota la influència d'un port, que és semblant des del punt de vista fisicoquímic a altres ambients tancats (port de Maó i badia de Fornells, veure capítol 1 del present informe). Per tant, s'hi dona un canvi cap a comunitats alterades amb un valor del contingut en matèria orgànica (3%) que, en general, no provoca cap tipus d'alteració a les aigües obertes de la costa balear (veure estacions 36, 73 i 78).

La resta d'aquestes estacions prenen valors del contingut en matèria orgànica entre l'1-2%, i presenten una comunitat típica d'aigües obertes, essent l'estat *Moderat* principalment degut a l'abundància de *Loripes lacteus*. Tal com s'ha vist ja al capítol 1 del present informe, individus de mida petita de *Loripes lacteus* (tolerant) poden donar informació esbiaixada sobre l'estat ecològic, i es podrien confondre amb *Lucinella divaricata* (sensible), tot i haver posat cura en la identificació. No obstant, l'alta influència de les fonts autòctones (macroalgues i material particulat, fitoplàncton i zooplàncton) sembla confirmar l'origen natural de la matèria orgànica en aquestes estacions. L'abundància d'aquesta espècie tolerant a les aigües obertes de Balears quedaria doncs justificada perquè es tracta d'ambients alterats de manera natural per els alts continguts de matèria orgànica d'origen natural.

Conclusions

- A les badies tancades de les Illes Balears (Maó, Fornells i Sóller), les comunitats de macroinvertebrats canvien cap a comunitats alterades (dominància d'espècies tolerants, amb una presència considerable d'espècies oportunistes) quan els continguts en matèria orgànica superen el llindar del 3-5%. Aquest llindar s'assoleix quan es solapa l'aport de matèria orgànica de fonts naturals i antròpiques.
- Continguts en matèria orgànica propers al 3% no provoquen aquesta alteració a les aigües obertes de la costa balear. Això és degut a que a les Illes gran part de la matèria orgànica és autòctona, principalment procedent de restes de fanerògames (material poc compactat i molt refractari).
- A les zones molt tancades en estat *Moderat*, considerades com *massa d'aigua molt modificada* (Maó) i *indret tancat amb escassa renovació* (Fornells), els continguts en matèria orgànica són superiors al 5%, essent deguts en part a aportats naturals. Aquesta informació s'ha de tenir en compte al definir els potencials ecològics per a aquestes masses d'aigua.
- Per altres estacions (25, 27 i 40), el seu estat *Moderat* és degut a l'abundància del bivalve tolerant *Loripes lacteus*. L'abundància d'aquesta espècie tolerant a les aigües obertes podria ser deguda a que a Balears són freqüents els ambients alterats de manera natural degut als alts continguts de matèria orgànica d'origen natural.

ESTUDI DE LA SUCCESSIÓ DE LES COMUNITATS DE MACROINVERTEBRATS AL LLARG D'UN GRADIENT ANTRÒPIC

Introducció

Les Illes Balears presenten certes particularitats, com ara l'elevada abundància d'espècies tolerants i la tendència cap a una menor abundància d'espècies sensibles, fins i tot, a zones d'aigües obertes on no existeixen pressions antròpiques. Com s'ha vist, aquesta particularitat sembla ser deguda a l'acumulació natural de restes vegetals (principalment de *Posidonia oceanica*).

En aquesta part del treball, l'objectiu és conèixer els canvis en la composició de la comunitat de macroinvertebrats bentònics provocats per les pertorbacions antròpiques, a les aigües sotmeses a aquesta particularitat. Per això, s'han estudiat els canvis que tenen lloc en les comunitats de macroinvertebrats al llarg d'un gradient fisicoquímic d'enriquiment orgànic i de contaminació per metalls al port de S'Arenal.

Metodologia

Mostreig i anàlisi de les mostres

La selecció de les estacions i el mostreig al llarg del gradient estudiat al port de S'Arenal durant l'any 2009 (fig. 22), ja s'ha descrit al capítol 1 (veure taula 2).

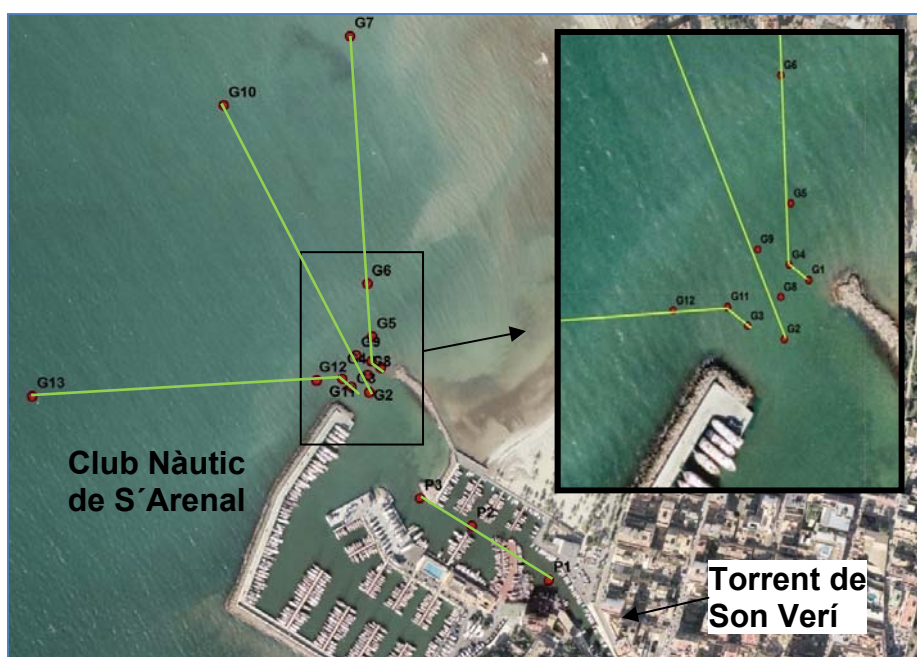


Figura 22. Situació de les 16 estacions mostrejades a S'Arenal (Mallorca) durant l'any 2009.

Tanmateix, la metodologia per a l'anàlisi de les mostres al laboratori s'ha descrit també al capítol 1 del present informe.

Caracterització fisicoquímica del sediment

La caracterització fisicoquímica del sediment s'ha realitzat mitjançant l'anàlisi de components principals (PCA) utilitzant el programa GINKGO (De Cáceres *et al.* 2007). La PCA s'ha realitzat amb la matriu de correlacions, prèvia estandardització de les variables. Tanmateix, per confirmar la significació de les correlacions inferides a partir de la PCA, s'han realitzat correlacions de Pearson entre les variables (programa STATISTICA v7).

Dins d'aquesta caracterització fisicoquímica, s'ha estudiat l'origen de la matèria orgànica de les mostres comparant les seves senyals isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ amb les de les principals fonts obtingudes a partir de la bibliografia (veure taula 22), tal com es va fer anteriorment amb les mostres de 2007.

Relació dels canvis en la comunitat amb les variables ambientals

Per veure la relació dels canvis en la composició faunística amb les variables ambientals s'ha realitzat una anàlisi BIOENV (programa PRIMER v6). En aquesta anàlisi s'han exclòs variables molt correlacionades entre sí, i s'han considerat les següents: fondària, gra mig, percentatge de fíns, contingut en matèria orgànica, concentració en metalls pesants (Al, Pb, Cd, Hg i As) i en nitrogen, i les senyals isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ al sediment. Prèviament a l'anàlisi, algunes variables s'han transformat logarítmicament.

Caracterització dels canvis en la comunitat i avaluació de l'estat ecològic

Per caracteritzar els canvis en la comunitat de macroinvertebrats s'ha realitzat la representació de les estacions segons els organismes retinguts a la malla de 500 μm mitjançant l'anàlisi '*Multi-Dimensional Scaling*' (MDS) no mètric amb distàncies de Bray-Curtis (programa PRIMER v6). Aquest mateix programa s'ha utilitzat per realitzar una anàlisi de similaritat (SIMPER) per tal de conèixer les espècies que més contribueixen a les diferències

trobadres entre els dos ambients mostrejats (aigües obertes de la zona de influència del port, i aigües modificades de l'interior del port).

L'avaluació de l'estat ecològic de les estacions s'ha realitzat mitjançant l'aplicació de l'índex MEDOCC.

Resultats

Caracterització fisicoquímica del sediment

A la taula 23 s'observa que totes les estacions mostrejades pertanyen a la categoria de sorres fines i molt fines, essent molt elevat el percentatge de fins a les estacions més interiors del port (P1 i P2). En aquestes estacions es troben també valors excepcionalment alts de matèria orgànica (> 11%), mentre que a la resta gairebé no es supera l'1,5% a excepció d'una de les estacions de la bocana del port (G3) on s'arriba al 3%. Per altra banda, les estacions més interiors del port presenten la concentració de nitrogen més alta i la senyal isotòpica $\delta^{15}\text{N}$ més baixa.

Taula 23. Resultats dels paràmetres fisicoquímics: fondària, mida de gra mig, categoria del sediment (Cat. Sed.; F: fines i MF: molt fines), percentatge de fins (% de sediment < 63µm), concentració de matèria orgànica (MO), carboni (C) i nitrogen (N), senyals isotòpiques $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ de les 16 estacions del mostreig de 2009.

Codi	Fondària (m)	MO (%)	Gra mig (µm)	Cat. Sed.	Fins (%)	C (%)	N (%)	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{15}\text{N}$
P1	2,3	18,4	119	MF	32,1	2,8	0,31	-17,8	1,2
P2	2,4	11,5	190	F	12,2	5,4	0,30	-13,2	3,1
P3	2,0	1,7	209	F	0,1	2,6	0,04	-14,9	7,0
G1	3,1	1,3	138	F	0,6	0,2	0,03	-19,2	7,6
G2	3,4	1,6	151	F	0,6	0,3	0,03	-18,8	8,8
G3	3,5	3,1	166	F	0,8	0,5	0,04	-17,7	7,7
G4	3,3	1,4	146	F	0,7	0,2	0,02	-19,3	10,0
G5	3,3	1,3	139	F	1,2	1,0	0,02	-19,6	9,2
G6	3,3	1,1	130	F	1,0	0,7	0,02	-4,5	9,3
G7	2,6	1,1	126	F	1,8	0,7	0,02	-2,6	7,5
G8	3,1	1,1	143	F	0,6	0,6	0,02	-10,3	8,7
G9	3,4	1,1	140	F	1,2	0,2	0,02	-14,9	7,5
G10	3,7	1,3	124	MF	2,1	4,8	0,02	-0,1	8,2
G11	3,6	1,4	149	F	0,7	0,5	0,02	-10,1	10,3
G12	3,9	1,2	140	F	1,4	0,5	0,02	-11,3	8,7
G13	5,5	1,2	114	MF	3,0	6,5	0,02	-7,5	7,6

Pel que fa a la concentració de metalls al sediment, a la taula 24 s'observa que es sobrepassen els valors d'ERL per al mercuri i d'ERM per al coure a les dues estacions més

interiors del port (P1 i P2). A més, a l'estació més interior (P1) es sobrepassen també els valors d'ERL per al zinc, el plom i l'arsènic. Pel que fa als metalls dels quals no es disposa dels valors d'ERM i ERL (ferro, alumini, vanadi i seleni) es troben concentracions considerablement més altes a les dues estacions més interiors del port, excepte pel seleni. Els valors de la concentració de seleni, cadmi i mercuri es troben al límit de detecció de l'aparell utilitzat per a l'anàlisi o per sota, essent de poca fiabilitat.

Taula 24. Concentració de metalls al sediment (en µg/g) de les 16 estacions del mostreig de 2009. Es ressalten en taronja els valors que superen l'ERL, en vermell els que ho fan per a l'ERM, i en groc els valors més elevats dels metalls pels que no es disposa dels valors d'ERM

Codi	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni
P1	10418	12349	215,2	495,3	63,9	35,6	0,16	0,20	2,6	11,4	43,3	13,6
P2	4430	4586	134,3	334,4	36,1	19,1	0,09	0,18	2,8	7,3	30,0	6,2
P3	891	750	56,6	103,0	11,7	4,9	0,07	0,07	2,4	2,0	11,8	1,2
G1	772	702	36,1	22,1	6,9	2,8	0,07	0,02	1,5	1,9	12,4	1,2
G2	719	652	42,0	26,4	9,1	2,2	0,07	0,01	2,0	1,8	14,7	2,9
G3	787	624	43,2	26,4	9,5	1,3	0,06	0,01	1,6	1,8	12,9	2,5
G4	882	743	38,3	26,0	7,6	2,2	0,07	0,00	1,8	2,1	12,6	2,1
G5	900	742	41,0	26,7	8,2	1,8	0,07	0,00	2,2	2,3	11,9	1,8
G6	887	783	36,6	21,8	7,5	1,8	0,07	0,00	1,8	2,4	11,8	1,6
G7	976	828	41,3	23,1	7,2	4,3	0,08	0,00	2,2	2,9	10,9	1,2
G8	853	799	42,0	26,9	8,5	2,7	0,07	0,10	1,9	2,0	13,1	1,4
G9	900	833	44,2	26,4	9,3	4,1	0,08	0,02	1,6	2,1	12,5	2,3
G10	937	831	43,6	24,5	8,1	4,2	0,06	0,01	1,8	3,0	11,6	2,1
G11	850	762	41,0	25,2	8,0	3,7	0,07	0,00	1,8	2,3	11,2	1,7
G12	845	727	36,9	22,0	7,4	3,8	0,07	0,00	2,1	2,6	11,5	1,2
G13	1038	944	39,8	22,3	6,8	4,3	0,07	0,00	2,0	3,1	10,6	1,7

Per tal d'ordenar les estacions segons les seves característiques fisicoquímiques s'ha realitzat una anàlisi de components principals (PCA). Els dos primers components de la PCA expliquen el 85,3% de la variància total, essent la variància explicada pel primer component del 75,6% i pel segon del 9,7%.

Les variables que contribueixen de manera significativa a la generació del component I són el contingut en matèria orgànica, el percentatge de fins i la concentració de ferro, alumini, zinc, coure, plom, vanadi, cadmi, mercuri, seleni, arsènic, crom, níquel i nitrogen, i la traça isotòpica $\delta^{15}\text{N}$ (taula 25 i fig. 23). El percentatge de fins i de matèria orgànica estan correlacionats positivament entre sí i amb la concentració de tots els metalls i de nitrogen, essent negativa la correlació amb la traça $\delta^{15}\text{N}$ (taula 26). Tots els metalls es troben positivament correlacionats entre sí i amb la concentració de nitrogen, i negativament amb la traça $\delta^{15}\text{N}$.

Només el gra mig contribueix significativament a la generació del component II, encara que la fondària es troba molt a prop del nivell de significació (taula 25 i fig. 23). Aquestes dues variables estan correlacionades positivament entre sí (taula 26).

Taula 25. Càrrega factorial o pes de les variables fisicoquímiques a la generació dels dos primers components de la PCA. Es ressalten en negre les contribucions significatives ($r > 0,70$).

	Component I	Component II
Fondària	0,47	0,69
MO	-0,99	-0,01
Gra mig	-0,03	-0,86
Fins	-0,98	0,17
Fe	-0,98	0,11
Al	-0,98	0,12
Zn	-1,00	0,00
Cu	-0,99	-0,07
Pb	-1,00	0,00
V	-0,99	0,08
Cd	-0,93	0,13
Hg	-0,90	-0,23
Se	-0,74	-0,16
As	-0,98	0,17
Cr	-0,99	-0,02
Ni	-0,97	0,08
N	-0,96	-0,08
$\delta^{15}\text{N}$	0,93	0,02
C	-0,38	0,43
$\delta^{13}\text{C}$	0,22	0,59

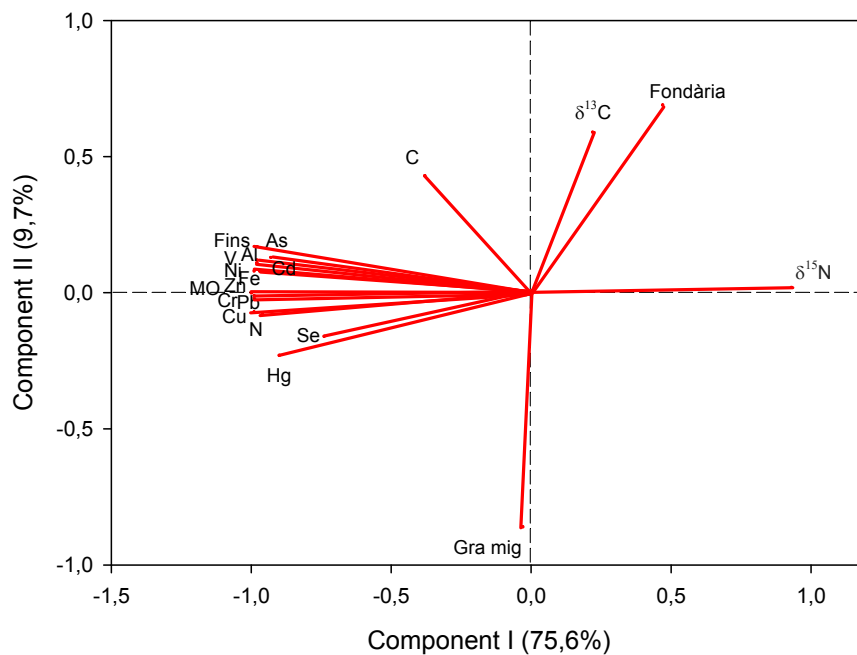


Figura 23. Representació del pes o càrrega factorial de les 20 variables de la taula 25 a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA.

Taula 26. Correlacions de Pearson (r) entre les diferents variables fisicoquímiques del sediment (n = 16 estacions). (*):correlacions significatives amb un nivell de significació de: * p <0,05; ** p<0,01; *** p<0,001.

	MO	Gra mig	Fins	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni	N	$\delta^{15}\text{N}$	C	$\delta^{13}\text{C}$
Fondària	-0,45	-0,52*	-0,36	-0,41	-0,40	-0,48	-0,51*	-0,47	-0,43	-0,38	-0,58*	-0,44	-0,36	-0,46	-0,38	-0,47	0,46	0,23	0,24
	MO	0,04	0,97***	0,98***	0,97***	0,99***	0,99***	0,99***	0,98***	0,91***	0,88***	0,70**	0,97***	0,99***	0,97***	0,97***	-0,91***	0,35	-0,25
		Gra mig	-0,16	-0,11	-0,13	0,04	0,13	0,02	-0,04	-0,22	0,29	0,31	-0,11	0,02	-0,10	0,17	-0,11	0,01	-0,34
			Fins	1,00***	1,00***	0,98***	0,95***	0,98***	0,99***	0,97***	0,81***	0,64**	0,98***	0,97***	0,98***	0,89***	-0,88***	0,34	-0,17
				Fe	1,00***	0,99***	0,96***	0,99***	0,99***	0,97***	0,83***	0,65**	0,98***	0,98***	0,98***	0,90***	-0,88***	0,32	-0,20
					Al	0,98***	0,95***	0,98***	0,98***	0,98***	0,82***	0,63***	0,97***	0,97***	0,98***	0,89***	-0,87***	0,30	-0,20
						Zn	0,99***	1,00***	0,99***	0,93***	0,89***	0,72**	0,98***	0,99***	0,97***	0,95***	-0,92***	0,37	-0,22
							Cu	0,99***	0,98***	0,90***	0,92***	0,76**	0,97***	0,98***	0,94***	0,97***	-0,93***	0,40	-0,22
								Pb	0,99***	0,94***	0,88***	0,70**	0,98***	0,99***	0,98***	0,95***	-0,91***	0,34	-0,24
									V	0,95***	0,87***	0,70**	0,99***	0,98***	0,97***	0,94***	-0,92***	0,39	-0,16
										Cd	0,74**	0,58*	0,93***	0,93***	0,95***	0,82***	-0,83***	0,19	-0,25
											Hg	0,74**	0,84***	0,89***	0,81***	0,91***	-0,88***	0,37	-0,22
												Se	0,72**	0,69**	0,60*	0,76**	-0,70**	0,51*	-0,06
													As	0,97***	0,96***	0,94***	-0,90***	0,45	-0,09
														Cr	0,98***	0,96***	-0,90***	0,31	-0,27
															Ni	0,90***	-0,86***	0,28	-0,27
																N	-0,92***	0,43	-0,21
																	$\delta^{15}\text{N}$	-0,49	0,15
																		C	0,36

A la figura 24 es representa l'ordenació de les 16 estacions en l'espai definit per aquestes dues components. S'observa que les dues estacions més interiors del port (P1 i P2) queden diferenciades de la resta respecte al component I de la PCA. Per tant, es pot dir que l'únic gradient diferenciats en aquesta PCA és el de confinament a l'interior del port, essent l'estació més propera a la bocana (P3) similar a la resta d'estacions situades a la bocana i a l'exterior del port. Es tracta d'un gradient d'enriquiment orgànic i de contaminació metàl·lica degut a la influència del port de S'Arenal i del torrent de Son Verí, estant tan l'enriquiment orgànic com la contaminació metàl·lica associats a una major proporció de fons al sediment.

Per altra banda, respecte al component II, les estacions del gradient a l'interior del port es separen malgrat que la diferenciació és menys marcada que respecte al component I. Es separen també les estacions G10 i G13 més allunyades del port (a la part positiva) de la resta d'estacions de la zona de influència del port.

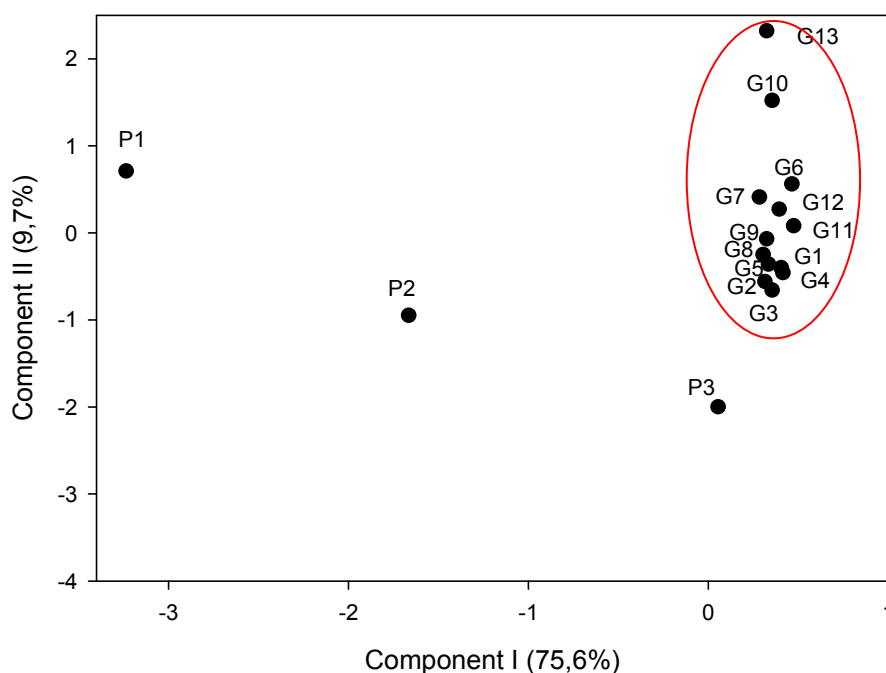


Figura 24. Representació de les 16 estacions en l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA. Mostreig de 2009.

Per tal d'obtenir una major separació de les estacions no discriminades a la PCA anterior (encerclades a la fig. 24), s'ha realitzat una altra anàlisi sense incloure les estacions de l'interior del port (P1, P2 i P3), que ja han quedat separades prèviament. S'observa que quan s'exclouen les estacions de l'interior del port es perd informació a l'hora d'explicar la variància observada. Els dos primers components expliquen el 59,8% de la variància total, essent la variància explicada pel primer component del 45,2% i pel segon component del 14,6%.

De les variables que contribueixen de manera significativa a la generació del component I, el gra mig, la concentració de plom, crom i nitrogen pesen sobre la part negativa del component (taula 27 i fig. 25), estant positivament correlacionades entre sí (aquesta correlació no és significativa entre el plom i el nitrogen; veure taula 28). En canvi, el percentatge de fins, la concentració de ferro, alumini, vanadi, arsènic, i carboni, i la traça $\delta^{13}\text{C}$ carreguen sobre la part positiva del component I, estant positivament correlacionades entre sí (aquesta correlació no és significativa en el cas del carboni amb el vanadi i la traça $\delta^{13}\text{C}$).

Taula 27. Càrrega factorial o pes de les 20 variables fisicoquímiques a la generació dels dos primers components de la PCA havent exclòs les estacions de l'interior del port (P1, P2 i P3). Es ressalten en negre les contribucions significatives ($r > 0,70$).

	Component I	Component II
Fondària	0,49	0,38
MO	-0,64	0,37
Gra mig	-0,93	0,03
Fins	0,87	0,39
Fe	0,89	0,22
Al	0,88	0,22
Zn	-0,17	0,88
Cu	-0,62	0,51
Pb	-0,70	0,62
V	0,73	0,17
Cd	0,21	-0,29
Hg	-0,27	0,09
Se	0,37	0,00
As	0,95	0,16
Cr	-0,84	0,13
Ni	-0,55	0,67
N	-0,70	0,00
$\delta^{15}\text{N}$	-0,22	-0,32
C	0,72	0,50
$\delta^{13}\text{C}$	0,72	0,14

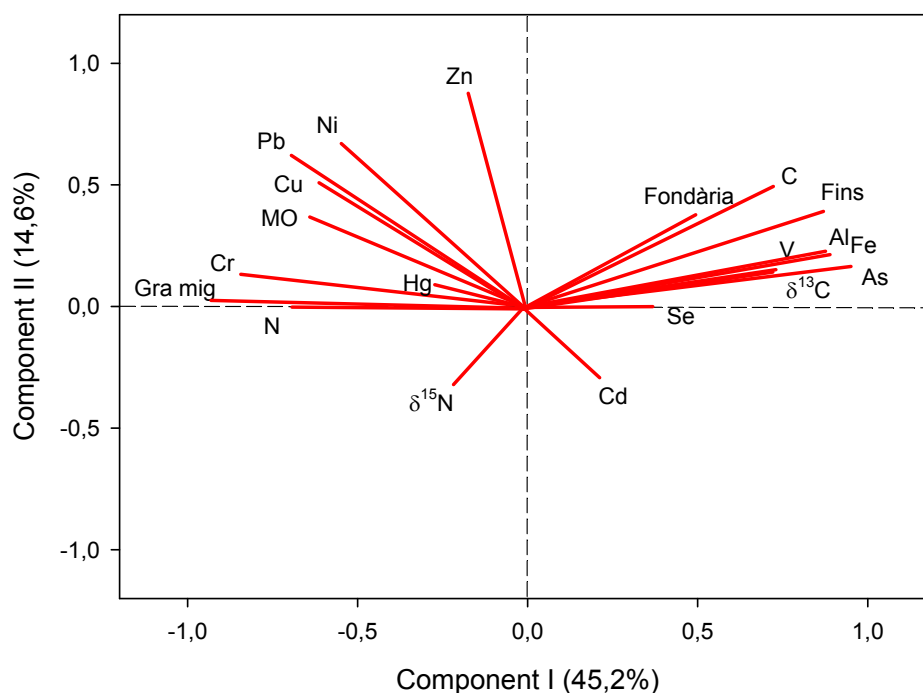


Figura 25. Representació del pes o càrrega factorial de les 20 variables fisicoquímiques de la taula 27 a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA realitzat exclouent les estacions de l'interior del port (P1, P2 i P3).

Només la concentració de zinc contribueix significativament a la generació del component II, essent positivament correlacionada amb les concentracions de coure, plom i níquel.

Cal destacar que deixant de banda les estacions de l'interior del port, els valors de matèria orgànica són considerablement més baixos (1-2%, exceptuant l'estació G3 de la bocana, on és del 3%). A més, aquests continguts de matèria orgànica no es correlacionen amb el percentatge de fons. Per tant, aquesta matèria orgànica no sembla relacionada amb un confinament dels sediments, sinó amb l'acumulació d'abundants restes vegetals, principalment de *Posidonia oceanica*. Tal com es va fer amb les mostres de 2007, aquesta hipòtesis s'avalua a continuació mitjançant l'estudi de les traces isotòpiques del sediment. Tanmateix, s'observa que associats als fons s'acumulen metalls, com ara el ferro, alumini, vanadi, arsènic i crom.

Taula 28. Correlacions de Pearson (r) entre les diferents variables fisicoquímiques del sediment realitzades excloent les estacions de l'interior del port (n = 13 estacions). (*): correlacions significatives amb un nivell de significació de: * p < 0,05; ** p < 0,01; *** p < 0,001.

	MO	Gra mig	Fins	Fe	Al	Zn	Cu	Pb	V	Cd	Hg	Se	As	Cr	Ni	N	$\delta^{15}\text{N}$	C	$\delta^{13}\text{C}$
Fondària	-0,01	-0,38	0,68*	0,42	0,47	-0,05	-0,29	-0,23	0,33	-0,12	-0,24	0,14	0,49	-0,37	0,08	-0,12	-0,12	0,79**	0,14
	MO	0,73**	-0,28	-0,49	-0,66*	0,30	0,35	0,56*	-0,52	-0,41	-0,05	-0,31	-0,47	0,38	0,54	0,74**	-0,13	-0,18	-0,40
		Gra mig	-0,80**	-0,79**	-0,85***	0,19	0,61*	0,68*	-0,62*	-0,25	0,19	-0,31	-0,85***	0,64*	0,48	0,65*	0,30	-0,70**	-0,67*
			Fins	0,83***	0,76**	0,11	-0,45	-0,41	0,63*	0,11	-0,35	0,36	0,91***	-0,67*	-0,17	-0,47	-0,45	0,89***	0,60*
				Fe	0,90***	0,09	-0,30	-0,46	0,59*	0,22	-0,22	0,34	0,86***	-0,79**	-0,35	-0,79**	-0,21	0,68*	0,63*
					Al	0,09	-0,32	-0,44	0,71**	0,24	0,01	0,22	0,78**	-0,66*	-0,35	-0,75**	-0,24	0,69**	0,65*
						Zn	0,70**	0,75**	0,16	-0,16	0,24	0,01	-0,03	0,23	0,59*	-0,04	-0,26	0,15	0,09
							Cu	0,80**	-0,37	-0,15	0,40	-0,01	-0,55	0,60*	0,64*	0,06	0,23	-0,31	-0,47
								Pb	-0,35	-0,22	0,30	-0,20	-0,58*	0,66*	0,78**	0,38	-0,03	-0,33	-0,35
									V	0,29	-0,11	0,13	0,70**	-0,59*	-0,35	-0,42	-0,34	0,48	0,59*
										Cd	-0,11	0,25	0,04	-0,08	-0,21	-0,15	-0,34	-0,22	-0,20
											Hg	-0,12	-0,37	0,42	-0,10	-0,01	-0,11	-0,19	-0,07
												Se	0,43	-0,21	-0,20	-0,54	0,14	0,19	0,19
													As	-0,80**	-0,40	-0,65*	-0,20	0,77**	0,79**
														Cr	0,64*	0,59*	0,09	-0,49	-0,60*
															Ni	0,43	0,05	-0,02	-0,38
																N	-0,23	-0,37	-0,51
																	$\delta^{15}\text{N}$	-0,30	-0,15
																		C	0,52

A la figura 26 es representa l'ordenació de les estacions de l'exterior del port a l'espai definit per aquests dos components. S'observa que les estacions es distribueixen més homogèniament al llarg dels components I i II de la PCA que a la figura 24. Respecte al component I, s'observa un gradient des de la bocana del port (G2 i G3; part negativa) cap a les estacions més allunyades del port (G7, G10 i G13; part positiva). Només l'estació G1 de la bocana es troba més propera a les estacions exteriors del port situades a la zona intermèdia dels tres gradients mostrejats (valors propers a zero del component I) que a la resta d'estacions de la bocana.

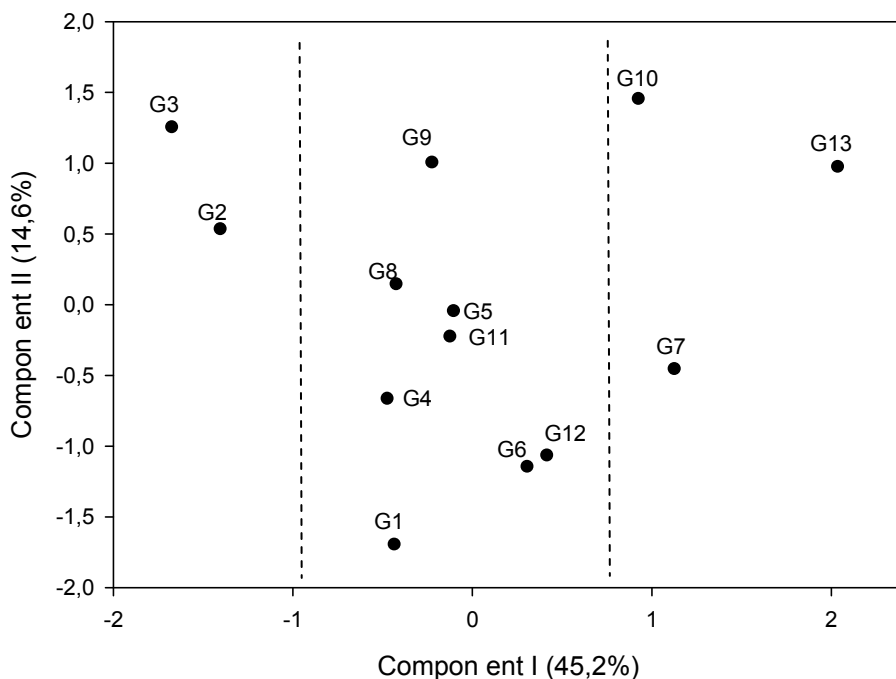


Figura 26. Representació de les 13 estacions de la bocana i de la zona de influència del port de S'Arenal a l'espai definit pels dos primers components principals de la PCA realitzat exclouent les estacions de l'interior del port (P1, P2 i P3).

Cal destacar que, deixant de banda les estacions de l'interior del port, encara que es detecta un gradient des de les estacions de la bocana cap a les estacions més allunyades del port, aquest gradient no té un origen antròpic clar si tenim en compte les variables que més pesen sobre el component I. Les estacions més allunyades del port presenten un major percentatge de fins i concentracions més elevades de ferro, alumini, arsènic i vanadi que carreguen sobre la part positiva del component I. Però, a excepció de l'arsènic, una alta concentració d'aquests metalls no està necessàriament associada a una major pressió antròpica, ja que, malgrat un possible origen antròpic, aquests metalls són també elements biològics essencials (Fe i V), o estan relacionats amb les característiques litològiques del sòl (Al). A més, no s'ha detectat un gradient ni d'enriquiment orgànic (valors alts del contingut en matèria orgànica tan sols a G3) ni de contaminació per metalls (tots els valors són inferiors a l'ERL a totes les estacions, incloent les de la bocana). No obstant, les estacions de la bocana G2 i G3 presenten concentracions que es troben entre les més elevades per al crom, plom i nitrogen, que carreguen a la

part negativa del component I. Això reflecteix una influència del port i del torrent a la bocana, però no prou important com per causar una contaminació (valors inferiors a l'ERL per als metalls) i una degradació de la qualitat fisicoquímica.

Per concloure, podem dir que s'ha detectat un gradient fisicoquímic clar que coincideix amb el gradient de confinament a l'interior del port (des de P1 a P3). A l'exterior del port es detecta un gradient des de les estacions de la bocana cap a les més allunyades del port, però les principals variables ambientals que marquen aquest gradient no es relacionen amb una influència antròpica important.

Estudi de l'origen de la matèria orgànica del sediment: anàlisi de les traces isotòpiques

Malgrat haver mostrejat al llarg d'un gradient clarament causat per enriquiment orgànic d'origen antròpic, durant el mostreig i el processament de les mostres al laboratori, es van detectar abundants aportos naturals en forma de restes de fanerògames marines. Es van prendre anotacions visuals sobre la composició de les mostres, on es veu que el sediment de les estacions mostrejades dins del port està constituït per fibres de fanerògames de mida petita en un 90% (P1) i 70% (P2), i en el cas de l'estació més propera a la bocana (P3) per fulles i restes de mida més gran. També es van trobar restes de fanerògames molt abundants a les estacions G2, G3, G4, G5, G6 i G8. Per intentar separar la influència de la matèria orgànica natural i antròpica, s'ha utilitzat de nou l'anàlisi de les senyals isotòpiques.

A la figura 27 es representen les dues rèpliques per estació segons els valors de les senyals isotòpiques, i en relació a les senyals isotòpiques de les principals fonts de matèria orgànica (taula 22 d'aquest informe). S'observa una elevada variabilitat de les senyals isotòpiques entre estacions, i a vegades entre rèpliques. De nou, les diferències entre rèpliques són degudes a la complexitat de les mostres, les quals consisteixen en una barreja de material sedimentari, i de matèria orgànica autòctona (restes vegetals) i antròpica. Per altra banda, el desplaçament general dels punts cap a la dreta del gràfic, on no hi ha fonts representades, podria ser degut a que les senyals isotòpiques de les fonts s'han obtingut de la bibliografia (veure taula 22) i no *in situ*, i a que hi han fonts potencials no considerades. Recordem que els valors no són exactes sinó aproximats, obtenint-se en el cas de les fonts autòctones a partir de treballs realitzats a llocs més pristins que la nostra zona d'estudi. A més, degut a que l'anàlisi de les traces $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ dona un valor mig que no correspon, en la majoria de les casos, a la senyal específica de cap de les fonts, aquest desplaçament cap a la dreta informa d'una elevada proporció a les mostres de matèria orgànica autòctona, especialment de restes de fanerògames marines.

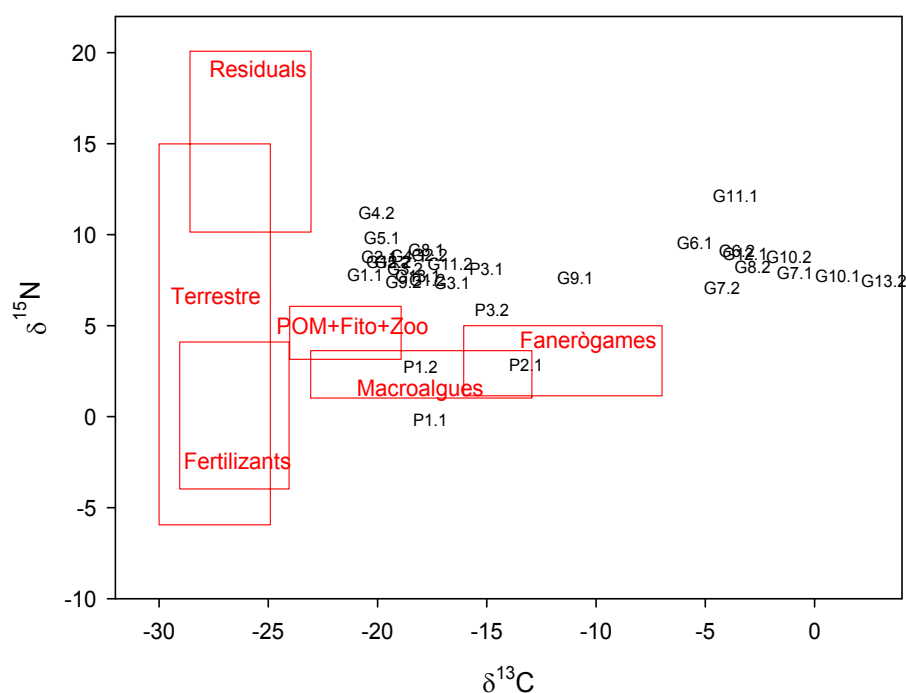


Figura 27. Representació de les dues rèpliques per estació segons les seves senyals isotòpiques de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ (codis en negre) i posició relativa a les senyals de les fonts (quadrats en vermell).

A la figura 28 es representen les estacions segons els valors de les senyals isotòpiques, i en relació a les senyals isotòpiques de les principals fonts de matèria orgànica. S'observa que respecte a la senyal $\delta^{13}\text{C}$ les estacions més allunyades del port dels tres gradients (G7, G10 i G13), així com l'estació intermèdia del gradient 1 (G6), estan a la part dreta del gràfic, degut a que presenten una elevada proporció de matèria orgànica autòctona, especialment de restes de fanerògames marines. En canvi, les estacions mostrejades a la bocana del port (G1, G2 i G3), així com les estacions del gradient 1 exteriors al port però més properes a la bocana (G4 i G5), es situen a la part esquerra del gràfic, més properes a les fonts antròpiques. Degut a les abundants restes de fanerògames observades en aquestes mostres, s'ha deduït que la seva posició es deu a la barreja d'influències de diferents fonts de matèria orgànica.

Pel que fa a les estacions de l'interior del port, es situen a la part mitjana del gràfic respecte a la senyal de $\delta^{13}\text{C}$, probablement com a contribució de les senyals tant de fonts terrestres o antròpiques (aigües residuals i fertilitzants), com de fonts autòctones (fanerògames marines, macroalgues, material particulat, fito i zooplàncton). Aquesta barreja d'influències de fonts antròpiques i naturals, sembla confirmada pels alts continguts de matèria orgànica (> 11% a P1 i P2) i per les observacions visuals realitzades al laboratori i durant el mostreig.

Per altra banda, sembla que respecte a la senyal $\delta^{15}\text{N}$ es separen les dues estacions més interiors del port (P1 i P2) de la resta, mentre que l'estació del port més propera a la bocana (P3) es situa a prop de les estacions de la bocana i de les de l'exterior del port. Tanmateix, aquestes dues estacions més interiors del port presenten valors més alts de concentració de nitrogen que la resta, que juntament amb la seva posició al gràfic, indica un aport antròpic de nitrogen.

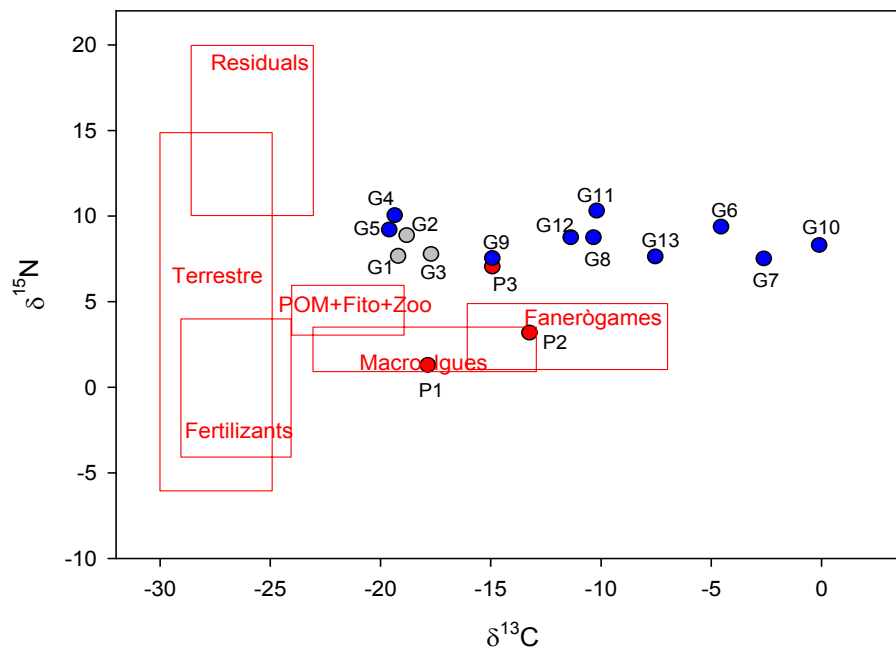


Figura 28. Representació de les 16 estacions segons les seves senyals isotòpiques de $\delta^{13}\text{C}$ i $\delta^{15}\text{N}$ (cercles), i posició relativa a les senyals de les fonts (quadrats vermells). Els colors dels cercles indiquen la posició de les estacions al llarg del gradient (vermell: gradient interior del port, gris: bocana del port, i blau: exterior del port).

Per tant, a causa de l'abundància de restes vegetals a Balears, és difícil separar les diferents fonts de matèria orgànica naturals i antròpiques que contribueixen a l'enriquiment orgànic, fins i tot al llarg d'un gradient de pertorbació tant marcat com el de l'interior d'un port i la desembocadura d'un torrent.

Caracterització dels canvis en la composició de la comunitat

A la figura 29 es presenten les dues rèpliques per estació en l'espai definit per la nMDS segons els organismes retinguts a la malla de 500 μm . S'observa que, per una banda, s'agrupen les estacions mostrejades a la zona de influència del port (aigües obertes), i per l'altra, ho fan les estacions mostrejades a l'interior (aigües modificades).

Quan s'aplica l'anàlisi SIMPER als diferents ambients mostrejats, s'observa que la dissimilaritat entre les comunitats de la zona de influència del port (aigües obertes) i les de l'interior del port (aigües

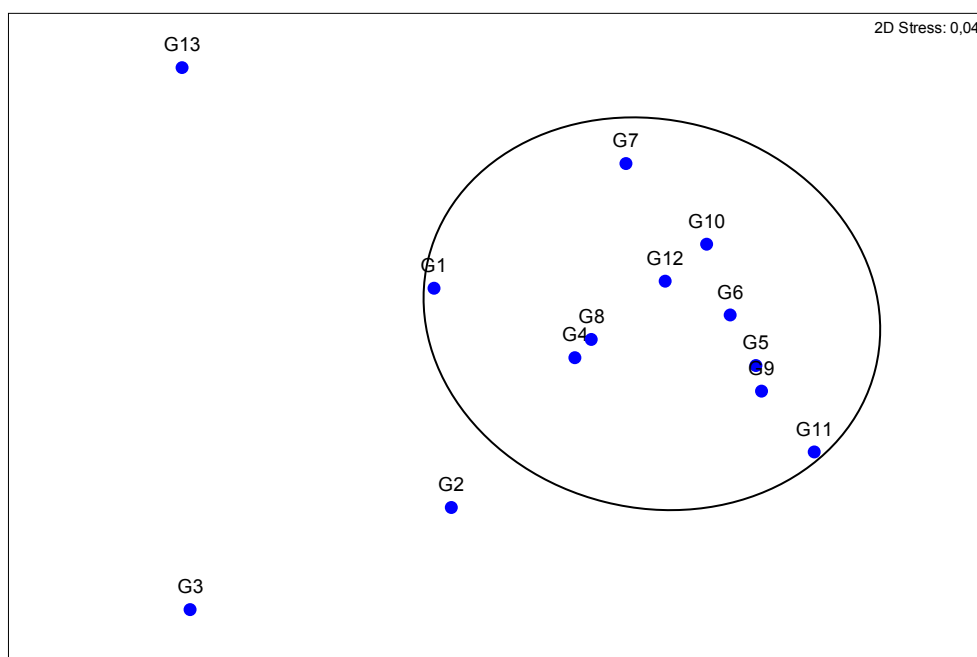


Figura 30. Representació de les 13 estacions (promig de les dues rèpliques) mostrejades a la zona de influència del port de S'Arenal (havent exclòs P1, P2 i P3) a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retinguts a la malla de 500 µm. Mostreig de 2009. S'encerclen les estacions de l'exterior del port.

Relació dels canvis en les comunitats amb les variables ambientals

A la taula 29 es presenten els resultats de l'anàlisi BIOENV realitzada per testar la influència dels paràmetres fisicoquímics sobre les comunitats bentòniques de les estacions del gradient de S'Arenal. S'observa que les variables ambientals que més importància tenen a l'hora d'explicar la composició de la comunitat bentònica són la fondària, el gra mig, el percentatge de fins, el contingut en matèria orgànica, i la traça isotòpica $\delta^{15}\text{N}$. D'aquestes, la fondària és un factor relacionat de forma indirecta amb la matèria orgànica i els metalls.

Taula 29. Resultats de l'anàlisi que relaciona la matriu biòtica (abundància de macroinvertebrats) amb les variables ambientals transformades (BIOENV). Mostreig de 2009 (n = 16 estacions). Fracció de 500 µm. Es marca amb + les variables que contribueixen significativament a l'ordenació obtinguda ($p < 0,001$). Les transformacions utilitzades per a les variables ambientals s'indiquen entre parèntesis.

Variables (transf.)	Contribució
Fondària	+
Gra mig	+
Fins	+
MO (log)	+
Al (log)	
Pb (log)	
Cd (log)	
Hg (log(x+1))	
As (log)	
Nitrogen	
$\delta^{13}\text{C}$	
$\delta^{15}\text{N}$	+
	$\rho = 0,82$

La influència d'aquestes variables ambientals sobre la composició de la comunitat es veu també representant les estacions a l'espai definit per la nMDS amb bombolles de diferent mida segons els seus valors relatius (fig. 31). S'observa que les estacions de l'interior del port són més someres que la resta, presentant en el cas de P2 i P3 un gra mig menys fi, tot i que totes les estacions són sorres fines o molt fines. Aquestes estacions es distribueixen a la part esquerra del gràfic. S'observa també que les dues estacions més interiors del port (P1 i P2) presenten valors més elevats del percentatge de fins, de les concentracions de matèria orgànica i d'alumini, i una senyal $\delta^{15}\text{N}$ més baixa.

En condicions normals, a les aigües obertes, a major fondària s'acumula més percentatge de fins i això produeix una major retenció de matèria orgànica i de metalls. No obstant, el gradient més important trobat en aquest estudi ha estat el de la *massa d'aigua molt modificada* del interior del port. El confinament dels sediments en aquesta massa d'aigua, fa que malgrat presentar una profunditat menor, les estacions de l'interior del port acumulen més fins, produint-se una major retenció de matèria orgànica i de metalls.

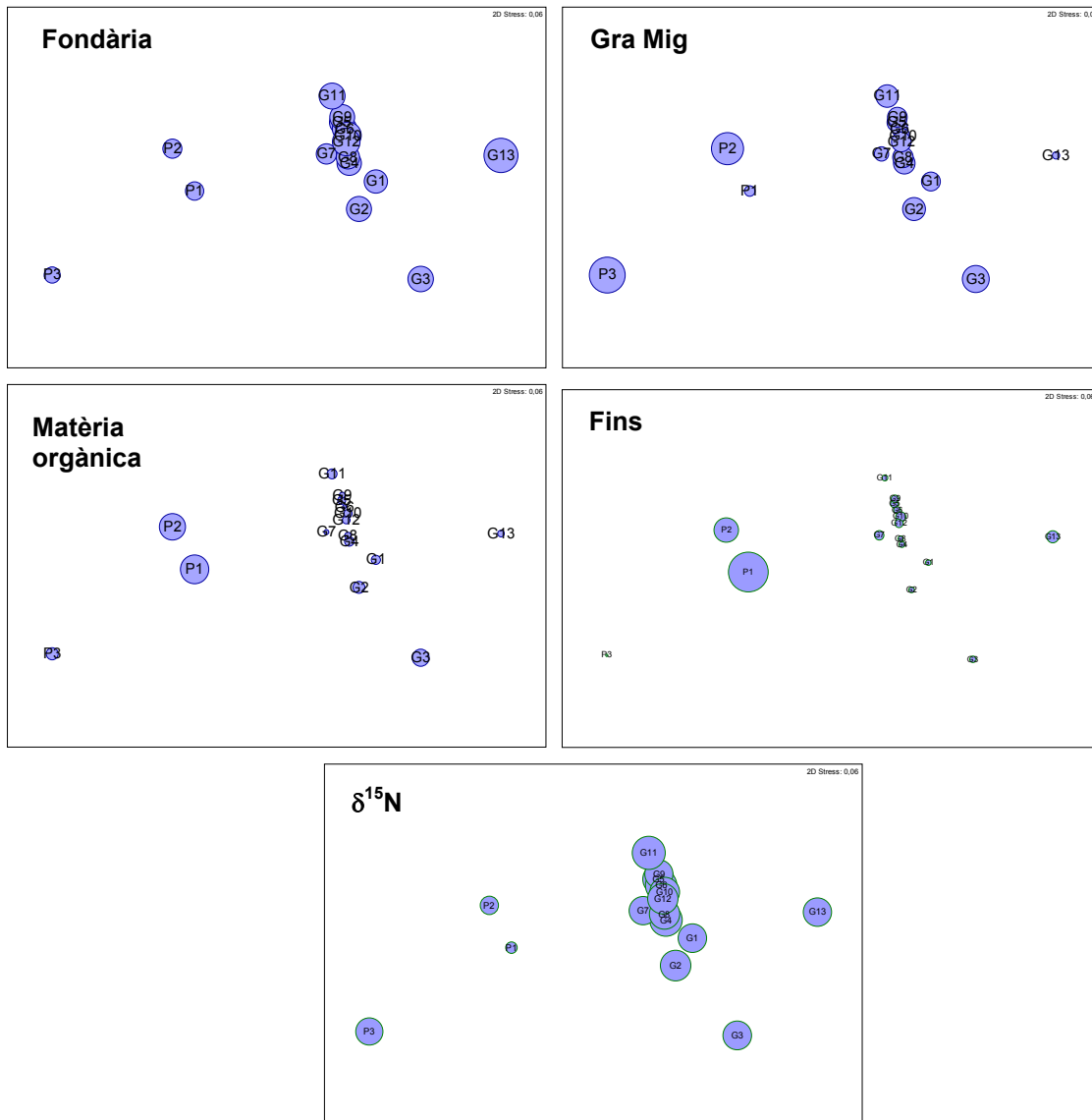


Figura 31. Representació de les 16 estacions a l'espai definit per la nMDS segons l'abundància dels organismes retinguts a la malla de 500 µm. Mostreig de 2009. La grandària dels cercles representa els valors relatius de: fondària, gra mig, contingut en matèria orgànica, percentatge de fins, i traça $\delta^{15}\text{N}$.

Avaluació de l'estat ecològic: Aplicació de l'índex MEDOCC

L'aplicació de l'índex MEDOCC permet obtenir una valoració de l'estat ecològic de les estacions de la xarxa de investigació (taula 30).

S'observa que les estacions més interiors del port (P1 i P2), on s'han trobat valors excepcionalment alts de matèria orgànica (> 11), presenten un estat *Moderat*. En canvi, l'estat *Moderat* de l'estació més propera a la bocana d'aquest gradient (P3), no s'explica pels valors de matèria orgànica. De fet, des del punt de vista fisicoquímic aquesta estació es troba més propera a les

aigües obertes que a les de l'interior del port. Tot i que totes tres estacions s'han avaluat amb un estat *Moderat*, es pot dir que aquest gradient de confinament (o fisicoquímic) a l'interior del port, es reflecteix en els valors d'EQR, els quals presenten un gradient des de l'estació P3 (amb un valor de 0,41, més proper al límit entre l'estat *Moderat* i *Bo*) a P1 (amb un valor de 0,23 proper al límit entre l'estat *Moderat* i *Deficient*). Cal tenir en compte que l'interior del port és una *massa d'aigua molt modificada*, i que els continguts de matèria orgànica tant elevats trobats són deguts en gran part a aportats naturals (restes de fanerògames).

Taula 30. Valoracions de l'estat ecològic obtingudes mitjançant l'aplicació de l'índex MEDOCC per a les 16 estacions de la xarxa de investigació de 2009 (S'Arenal, Mallorca) utilitzant la condició de referència de 0,5. Fracció de 500 µm.

Transsecte	Codi	MEDOCC	EQR (0,5)	Estat Ecològic
Port (interior)	P1	4,77	0,23	Moderat
Port (mig)	P2	3,88	0,39	Moderat
Port (exterior)	P3	3,76	0,41	Moderat
Gradient 1 (bocana)	G1	2,98	0,55	Bo
Gradient 2 (bocana)	G2	3,21	0,51	Bo
Gradient 3 (bocana)	G3	3,43	0,47	Moderat
Gradient 1	G4	3,15	0,52	Bo
	G5	3,01	0,54	Bo
	G6	2,95	0,56	Bo
	G7	1,76	0,77	Molt Bo
Gradient 2	G8	3,04	0,54	Bo
	G9	3,03	0,54	Bo
	G10	2,10	0,71	Bo
Gradient 3	G11	3,43	0,47	Moderat
	G12	2,69	0,60	Bo
	G13	2,04	0,72	Bo

Per altra banda, s'observa que de les 13 estacions mostrejades a la zona de influència del port, només l'estació del gradient 1 més allunyada del port (G7) es troba en estat ecològic *Molt bo*, mentre que de la resta, 10 es troben en estat *Bo*, i 2 en estat *Moderat*. Per tant, a la majoria d'estacions de la zona de influència del port de S'Arenal no s'observa cap tipus d'alteració, i presenten un bon estat ecològic. Les dues estacions en estat *Moderat* es situen, dins del gradient 3, a la bocana del port (G3) o propera a aquesta (G11). Cal destacar que aquestes dues estacions tenen un valor d'EQR de 0,47, just al límit entre l'estat *Moderat* i *Bo*.

Com ja s'ha vist anteriorment, una part important de l'alt contingut en matèria orgànica (3%) trobat a l'estació G3 de la bocana del port, és degut a l'acumulació de restes de fanerògames. Aquesta acumulació origina canvis en la composició de la comunitat cap a espècies tolerants com el poliquet *Paradoneis armata*, que suposa un 57,9% de l'abundància total, i el bivalve *Loripes lacteus*. La presència en aquesta estació d'espècies oportunistes, com els oligoquets i el poliquet *Capitella*

capitata, és escassa. L'estat *Moderat* d'aquesta estació confirma que, en presència d'impactes antròpics, el llindar de matèria orgànica amb influència autòctona que provoca canvis cap a comunitats dominades per espècies tolerants (estat ecològic *Moderat*) és del 3%.

En canvi, l'estat *Moderat* de l'estació G11 no està associat a continguts especialment elevats de matèria orgànica (1,4%), i està principalment per l'abundància del bivalve *Loripes lacteus* (tolerant), que suposa un 80,2% de l'abundància total, essent sensibles les dues espècies següents més abundants, que són els bivalves *Donax trunculus* i *Macra stultorum*. Cal recordar que, tal com ja s'ha esmentat anteriorment, l'abundància del bivalve tolerant *Loripes lacteus* és alta a les aigües obertes de Balears en ambients alterats de manera natural degut als alts continguts de matèria orgànica d'origen natural.

Conclusions

- Existeix un gradient fisicoquímic d'origen antròpic (de confinament, d'enriquiment orgànic i de contaminació metàl·lica) molt marcat dins del port de S'Arenal, que determina canvis en la composició de la comunitat de macroinvertebrats cap a comunitats alterades (dominància d'espècies tolerants i oportunistes). Malgrat que les estacions de l'interior del port s'han avaluat amb un estat *Moderat*, es pot dir que aquest gradient de confinament (o fisicoquímic) a l'interior del port, es reflecteix en els valors d'EQR que presenten un gradient des de l'estació P3 (amb un valor de 0,41, més proper al límit entre l'estat *Moderat* i *Bo*) a P1 (amb un valor de 0,23 proper al límit entre l'estat *Moderat* i *Deficient*). Però, continguts de matèria orgànica tan elevats com els trobats a l'interior del port (superiors al 11%), no es tradueixen en comunitats tan alterades com caldria esperar, és a dir, amb estat ecològic *Deficient* o *Dolent*. Això és degut a que aquests alts continguts de matèria orgànica són, en part, aportats naturals (restes de fanerògames), i en part, aportats antròpics.
- S'ha de tenir en compte que l'interior del port és una *massa d'aigua molt modificada*, en la que no s'exigeix un estat ecològic sinó un potencial ecològic, i per tant, no s'ha de considerar cap condició de referència. Els criteris per definir aquest potencial ecològic encara no s'han establert.
- A les aigües obertes de la zona de influència del port de S'Arenal, s'ha detectat un gradient fisicoquímic des de la bocana cap a les estacions més allunyades del port, el origen antròpic del qual no queda clar. Pel que fa a l'estat ecològic, només dues estacions properes a la bocana presenten un estat *Moderat* (al llindar de la categoria amb l'estat *Bo*). En el cas de l'estació de la

bocana (G3), l'estat *Moderat* s'associa a un alt contingut en matèria orgànica d'origen mixte (antròpic i autòcton).

- Es confirma que en zones molt tancades sotmeses a impactes d'origen antròpic, el llindar de matèria orgànica amb influència autòctona que provoca canvis cap a comunitats dominades per espècies tolerants i oportunistes (estat ecològic *Moderat*) és del 3%.

CAPÍTOL 3: XARXA DE VIGILÀNCIA BASADA EN LES MACROALGUES DE LA ZONA LITORAL

INTRODUCCIÓ

La metodologia CARLIT, es basa en la CARTografia de les comunitats bentòniques LITorals que es desenvolupen sobre substrat rocós (Ballesteros *et al.* 2007). Aquesta metodologia permet fer una valoració precisa de l'estat ecològic del litoral, mitjançant l'estudi en continu de la costa, no destructiu, i que no requereix treball de laboratori, sinó un tractament de les dades amb un sistema d'informació geogràfica (SIG). Així, permet comparar els canvis de les comunitats algals al llarg del temps, i per tant, observar l'evolució de l'estat ecològic de la zona costanera.

La metodologia CARLIT s'ha anat desenvolupant a la costa catalana des de l'any 1999-2000, sempre complint les directrius de la Directiva Marc de l'Aigua (DMA). Es basa en l'agrupació de la gran diversitat d'espècies presents al llarg de la costa en unes poques categories, a cadascuna de les quals s'assigna un valor de qualitat ambiental. Aquesta agrupació és imprescindible tant a nivell pràctic, a l'hora de realitzar la cartografia, com a nivell científic, a l'hora d'interpretar-ne els resultats. La categoria assignada indica l'espècie o espècies més abundants en la costa prospectada, i juntament amb la seva valoració i el tram de costa que ocupa, dona un valor de qualitat ecològica. Els valors d'EQR (*Ecological Quality Ratio*) s'obtenen mitjançant el quocient entre el valor de qualitat ecològica obtingut i el valor a les zones de referència. Els valors de l'EQR s'associen a les masses d'aigua, que són l'entitat de gestió ambiental a la DMA. D'aquesta manera, es compleixen les directrius de la Directiva que requereixen donar un estatus ecològic a les masses d'aigua per tal d'aplicar plans de gestió que evitin el deteriorament de les comunitats litorals i de l'estat ecològic.

METODOLOGIA

Prospecció visual

Per obtenir la informació en continu a tota la costa balear de les comunitats que s'hi desenvolupen sobre substrat rocós, a cada indret es va resseguir la costa amb una embarcació pneumàtica. La prospecció es va dur a terme durant la primavera de 2009 (d'abril a juny), coincidint amb un desenvolupament òptim de les comunitats de *Cystoseira* spp., la qual cosa permet una valoració ràpida i adequada.

El mostreig consisteix en l'observació visual de les principals espècies que constitueixen les comunitats presents sobre substrat rocós. Les zones sorrenques queden, doncs, lliures de qualsevol valoració. També queden sense valorar l'interior dels ports, ja que la Directiva Marc de l'Aigua els considera *masses d'aigua molt modificades*, altament antropitzades, que no reflecteixen la qualitat ambiental de la costa adjacent a ells. Si s'han tingut en compte, però, els ambients tancats que podrien ésser considerats com a ports naturals: el port de Maó i la badia de Fornells.

La unitat mínima de tram de costa a valorar és difícil d'establir a causa de les diferents morfologies de la costa i de la seva estructura fractal. No obstant, es va estimar aquesta unitat en un mínim de cinquanta metres de longitud de costa recorreguda en barca pneumàtica a uns tres metres de la costa.

La prospecció visual consisteix en diferenciar una sèrie de categories, l'extensió de les quals es marca directament sobre una fotografia aèria de l'Aeroguia del litoral (Editorial Planeta, S.A. amb fotografies a color a escala 1:10000 o 1:20000), un cop recorregut cada indret. Cada categoria es correspon al tipus i abundància de les comunitats de la zona infralitoral superior, i s'anomenen de la següent manera:

Cystoseira 5 (Cs5): L'horitzó de *Cystoseira stricta* és continu, dens i molt ben constituït.

Cystoseira 4 (Cs4): L'horitzó de *Cystoseira stricta* és continu només en els indrets més favorables al desenvolupament d'aquesta comunitat (substrat horitzontal).

Cystoseira 3 (Cs3): L'horitzó de *Cystoseira stricta* és discontinu; només està ben constituït en aquells llocs més favorables per a l'espècie, i hi pot haver trams més o menys llargs de costa on *Cystoseira* sigui absent o només hi hagi individus esparsos.

Cystoseira 2 (Cs2): Les poblacions de *Cystoseira stricta* són poc denses i només es troben de forma esparsa als llocs més favorables.

Cystoseira 1 (Cs1): S'observen individus aïllats de *Cystoseira stricta* i en cap cas es pot parlar d'horitzó. Amb aquesta categoria es vol constatar només la presència d'aquesta espècie.

En indrets molt calcats on *Cystoseira stricta* no s'hi desenvolupa s'han considerat altres espècies de *Cystoseira* (sobretot *Cystoseira compressa* i, excepcionalment, *Cystoseira crinita*, *Cystoseira barbata*, *Cystoseira algeriensis*, *Cystoseira spinosa* var. *tenuir* i *Cystoseira balearica*).

Corallina-Haliptilon: Tot i que *Corallina elongata* i *Haliptilon virgatum* són presents gairebé arreu, aquesta categoria ve definida per l'abundància d'aquestes espècies sempre i quan no hi hagi individus de *Cystoseira*. De fet les categories 1 i 2 de *Cystoseira* (i part de la categoria 3) són, a la pràctica, horitzons de *Corallina elongata* o *Haliptilon virgatum* amb *Cystoseira stricta*. A la costa balear, sovint es troba *Corallina elongata* en substrats extra plomats o verticals, i *Haliptilon virgatum* acostuma a ser-hi en indrets més assolellats.

Algues fotòfiles: Es troben generalment algues brunes de tal·lus erecte, com *Dictyota fasciola*, *Dictyota ligulata* o *Dictyota dichotoma*, que substitueixen les algues del gènere *Cystoseira* en substrats ben il·luminats i amb menys hidrodinamisme.

Mytilus: Aquesta categoria ve definida pel musclo com l'espècie més abundant, en absència de *Cystoseira*.

Ulvàcies: Categoria caracteritzada per l'absència de *Cystoseira* spp. i l'abundància d'Ulvàcies (*Ulva* i *Enteromorpha*) i d'altres Clorofícies (*Cladophora* i *Chaetomorpha*).

Lithophyllum: Les espècies més abundants són les Coral·linàcies incrustants de tal·lus llis. Principalment es tracta de *Neogoniolithon brassica-florida*, així com bases de *Corallina elongata* i d'altres Coral·linàcies.

"Trottoir": L'existència d'un "trottoir" de l'alga *Lithophyllum byssoides* a la zona mediolitoral inferior dificulta o impossibilita el desenvolupament d'un horitzó de *Cystoseira* spp. o d'altres algues fotòfiles al nivell litoral estricte. Habitualment s'hi estableix un poblament d'algues esciòfiles dominat per *Corallina elongata*, però que cal diferenciar de l'horitzó de *Corallina* fotòfil.

Dendropoma: Aquesta estructura biogènica resulta de l'associació de dues espècies, el vermètid gasteròpode *Dendropoma petraeum* amb l'alga coral·linàcia *Neogoniolithon brassica-florida*. Malgrat tenir una forma variable, habitualment es tracta d'una plataforma horitzontal prop del nivell del mar, a pocs centímetres de la superfície. En alguns llocs s'hi poden trobar acompanyades per *Cystoseira* spp. o *Palisada tenerrima*.

Cianofícies: Categoria pròpia de llocs altament contaminats on el poblament dominant el constitueixen Cianofícies, acompanyades d'altres algues molt resistents a la contaminació (*Derbesia*, Ulvàcies).

A part d'aquestes hi ha d'altres categories que han estat definides “a posteriori”, en funció de si es trobaven comunitats poc habituals. En alguns casos s'ha indicat també l'abundància d'una espècie determinada dins de cada categoria (p.e. *Cystoseira* 3 amb *Cystoseira compressa*; o *Cystoseira* 1 amb *Ulvàcies*).

Per altra banda, durant la prospecció visual, es van prendre anotacions sobre els paràmetres geomorfològics que influeixen sobre la composició de les comunitats. Es tracta de:

- La naturalesa del substrat: natural (N) o artificial (A).
- El tipus de costa: costa baixa (CB) o costa alta (CA).
- El tipus de blocs: blocs deci-mètrics de mida petita (BD) o blocs mètrics de mida gran (BM).
- El grau d'inclinació de la paret: Horitzontal (H), subvertical (SV), vertical (V), o extraplom (E).

Tractament de dades

La informació obtinguda durant la prospecció visual s'ha traslladat, amb el màxim de fidelitat possible, a un Sistema d'Informació Geogràfic o SIG format pel programa ArcGis versió 9.2. S'han utilitzat com a suport de dades les ortofotografies en color del litoral balear a escala 1:5000, realitzades a partir de l'any 2002, i la línia de costa també a escala 1:5000 realitzada a l'any 1995 i corregides al realitzar el SIG. S'ha modificat la línia de costa per adequar-la a l'actual que és alterada per la continua proliferació d'obres noves (construcció de ports nous, espigons, etc.).

Del conjunt de dades entrades al SIG se'n poden extreure dos tipus d'informació: (1) la distribució i estat de les comunitats que es poden trobar a la zona infralitoral superior de la costa balear, i (2) un índex de qualitat ambiental, l'EQR, associat a cada tram de costa a partir del quocient entre el valor de qualitat ecològica obtingut al litoral balear i el valor de referència.

L'agrupació dels trams de costa amb la mateixa comunitat en funció de diferents criteris (territorials, geomorfològics, etc.) i la posterior representació en forma de gràfics permet veure clarament l'ocupació territorial de les diferents comunitats i la seva evolució en comparar anys successius. Això ha d'ajudar a detectar la presència no desitjada de determinades comunitats indicadores de perturbacions i obtenir una visió global del paisatge costaner de les Illes Balears.

La DMA estableix que l'índex EQR ha de ser calculat comparant els valors de l'indret estudiat, en aquest cas la costa balear, amb les condicions biològiques de les zones de referència. Aquest índex, relaciona l'estat ecològic real de la zona estudiada, obtingut durant el monitoratge, amb l'estat ecològic potencial, marcat per les condicions de referència. Com a condicions de referència s'han escollit zones en un estat ecològic excel·lent, a partir d'un mostreig realitzat l'any 2001. Aquestes són la Façade maritime du Parc Naturel Régional de Corse, la Reserva dels Freus de Formentera i Eivissa i la Reserva del Nord de Menorca.

L'obtenció d'un índex de qualitat, l'EQR (*Ecological Quality Ratio*), és un procés relativament complex i requereix una sèrie de càlculs que s'expliquen a continuació.

En un primer càlcul s'ha d'assignar la qualitat ecològica de les comunitats establertes en una zona de costa (EQ). Aquests EQs tenen en compte les longituds de costa ocupada per cada comunitat "i" i la valoració de les seva qualitat ambiental per a tot el tram de costa recorregut. Els valors de qualitat ambiental assignats a cada comunitat (taula 31) van ser establerts prèviament pel grup de recerca del CEAB-CSIC que va desenvolupar la metodologia CARLIT. Aquestes valoracions no es poden considerar com a valors fixos, ja que podrien ser modificades en un futur. L'EQ es calcula com:

$$EQ_{ssi} = \frac{\sum (l_i * SL_i)}{\sum l_i}$$

on,

EQ_{ssi}: qualitat ecològica d'un determinat tram de costa

l_i: longitud de la línia de costa ocupada pel tipus de comunitat "i"

SL_i: valoració de la qualitat ambiental de la comunitat "i"

Finalment per calcular l'índex EQR, es compara el valor EQ_{ssi} que s'obté en l'estudi de la costa balear amb l' EQ_{rsi} obtingut en l'estudi de les zones de referència:

$$EQR = \frac{EQ \text{ per a la zona estudiada } (EQ_{ssi})}{EQ \text{ per a les zones de referència } (EQ_{rsi})}$$

Taula 31. Valoració de les comunitats i combinacions d'aquestes a les costes espanyoles i a les zones de referència (Cs1: *Cystoseira* 1; Cs2: *Cystoseira* 2; Cs3: *Cystoseira* 3; Cs4: *Cystoseira* 4; Cs5: *Cystoseira* 5; Cs1-2: *Cystoseira* 1-2; Cs2-3: *Cystoseira* 2-3; Cs3-4: *Cystoseira* 3-4; Cs4-5: *Cystoseira* 4-5; T: *Trottoir*; Co: *Corallina*; L: *Lithophyllum*; M: *Mytilus*; U: *Ulvàcies*; Cer: *Ceramiàcies*; Gel: *Gelidium*; Af: *Algues fotòfiles*; Hv: *Halitilon virgatum*.)

Comunitats	SL _i	Comunitats	SL _i
Cs (calmat)	20	Cs1+U	10
Fanerògames	20	Co	8
Cs5	20	Co+Cer	8
T	20	Co+Cy	8
Af+Cs(calmat)	20	Co+Gel+L	8
Cs4	19	Co+Gel+M	8
Cs4+M	19	Co+L	8
Cs4+T	19	Co+L+U	8
Cs4+U	19	Gel	8
Cs3	15	Co+M	7
Cs3+M	15	Co+M+Cy	7
Cs3+M+T	15	Co+M+T	7
Cs3+T	15	Co+U	7
Cs3+U	15	Gel+M	7
Cs2	12	Cer	6
Cs2+L	12	L	6
Cs2+T	12	L+M	6
Cs2+T+U	12	M	6
Cs2+U	12	Gel+M+U	5
Co+T	12	Gel+U	5
Af	12	L+U	5
H	12	M+U	5
Cs1-2	11	Co+U+Cy	3
Cs1-2+T	11	U	3
Cs1	10	U+Cer	3
Cs1+L	10	U+Cy	3

Prèviament al càlcul d'aquest quocient, s'ha de tenir en compte la importància dels paràmetres geomorfològics (anotats durant la prospecció visual) a l'hora de determinar la composició de les comunitats. S'han seleccionat dos paràmetres que, d'acord amb els treballs del grup de recerca del CEAB-CSIC, són els que més influeixen sobre les comunitats en ambients poc o gens afectats per pertorbacions humanes. Es tracta de: (1) la naturalesa del substrat (Natural o Artificial); i (2) el tipus de costa (Costa Alta, Costa Baixa o Blocs Mètrics).

Aleshores, s'han establert unes condicions de referència per a cada combinació d'aquests dos paràmetres geomorfològics (taula 32). D'aquesta manera, l'EQR es calcula comparant els trams de costa amb la mateixa combinació de paràmetres amb la corresponent condició de referència. Això permet assegurar que les diferències detectades en l'estat de les comunitats dels trams de costa avaluats són degudes a canvis en la qualitat ambiental, i no a aquests altres factors.

Taula 32. Qualitat ecològica de les zones de referència per als diferents paisatges possibles.

Tipus de Costa	Naturalesa substrat	EQ _{rsi}
BM	A	12
CB	A	12
CA	A	8
BM	N	12
CB	N	17
CA	N	15

Els valors d'EQR oscil·len entre 0 i 1, indicant un bon estat ecològic quan són propers a 1, i un mal estat ecològic quan ho són a 0. Dividint aquest rang entre cinc, s'han definit els valors de l'índex EQR que limiten els cinc estats ecològics proposats per la DMA (taula 33).

Taula 33. Categories de l'estat ecològic en funció de l'EQR.

EQR	Alteració	Estat Ecològic
>0,75 – 1,00	Inexistent o molt petita	Molt bo
>0,60 - 0,75	Lleugera	Bo
>0,40 - 0,60	Moderada	Moderat
>0,25 - 0,40	Gran	Deficient
0,0 - 0,25	Molt gran	Dolent

RESULTATS

A continuació es presenten els resultats d'aplicar la metodologia CARLIT a tota la costa balear durant l'any 2009, així com la comparació amb les dades de l'any precedent (prospecció realitzada l'any 2006). Es presenten, tant la distribució de les comunitats al llarg dels trams de costa rocosa del litoral balear, com la valoració en termes de l'estat ecològic –mitjançant el càlcul de l'índex EQR– que se'n deriva de la comparació de les comunitats trobades amb les comunitats presents a les zones de referència.

Comunitats litorals presents l'any 2009 al litoral balear

A la taula 34 es presenten les categories en que s'han agrupat les comunitats presents al litoral rocós de la costa balear. S'usa indistintament el terme "Categoria" o el terme "Comunitat" per descriure el conjunt d'espècies que comparteixen un espai físic concret, en aquest cas, un tram de costa. La categoria assignada indica l'espècie o espècies més abundants en cada cas.

Taula 34. Comunitat, codi i color assignat per a la seva representació a les figures.

Codi	Comunitat	Color
CMA	<i>Cystoseira</i> molt abundant	
CA	<i>Cystoseira</i> abundant	
CPA	<i>Cystoseira</i> poc abundant	
Cc	<i>Cystoseira compressa</i>	
Ccalm	<i>Cystoseira</i> de zones calmades	
CH	<i>Corallina-Halptilon</i>	
IP	Interior Ports-Zones prohibides	
CS	Costa Sorrenca	
A	Altres	

Per facilitar-ne la representació i interpretació s'han reagrupat les categories descrites en la metodologia. Així doncs, els cinc estats possibles de l'horitzó de *Cystoseira stricta* s'han agrupat en tres categories. Aquestes categories són *Cystoseira* molt abundant (CMA), que es correspon amb *Cystoseira* 4 i *Cystoseira* 5; *Cystoseira* abundant (CA), corresponent a *Cystoseira* 3; i *Cystoseira* poc abundant (CPA), equivalent a *Cystoseira* 1 i *Cystoseira* 2. Es consideren també altres espècies del gènere *Cystoseira*, incloses en la categoria de *Cystoseira compressa* (Cc) i de *Cystoseira* de mode calmat (Ccalm) amb presència de *Cystoseira crinita*, *Cystoseira barbata*, *Cystoseira algeriensis*, *Cystoseira spinosa* var. *tenuior* i *Cystoseira balearica*. A més d'aquestes comunitats hi ha les categories de *Corallina elongata* o *Halptilon virgatum* (CH), i finalment el de la resta de comunitats (Altres). Els trams de costa que no s'han avaluat es separen en zones prohibides i interiors de ports (IP) i la costa sorrenca (CS).

A la figura 32 es representen els percentatges globals de les comunitats algals trobades per illes (sense incloure els trams de costa no avaluats). S'aprecia que no existeixen grans diferències en les comunitats algals entre illes. En conjunt, les comunitats de *Cystoseira* ocupen més del 85% del recobriment total a totes les illes.

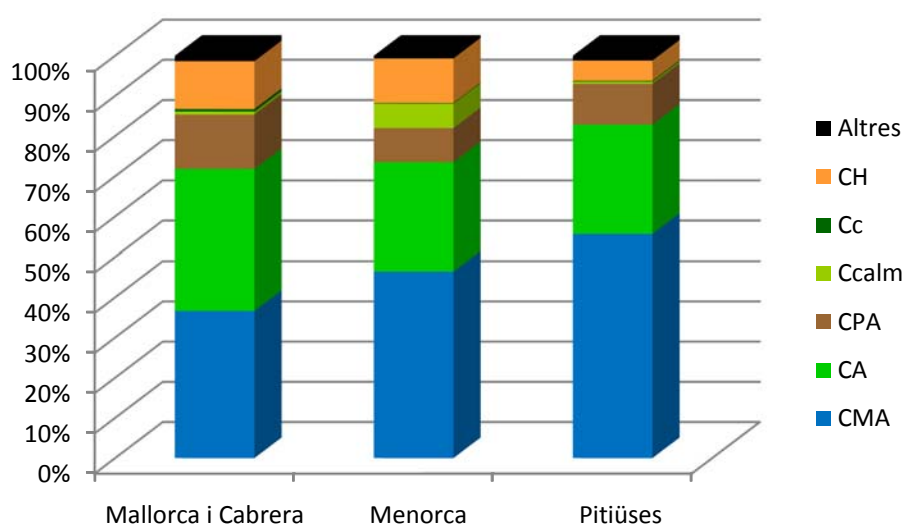


Figura 32. Percentatge de recobriment de les comunitats per illes.

No obstant, la distribució d'aquest percentatge de recobriment entre les diferents categories de *Cystoseira* sí que varia entre illes. Les illes Pitiüses (Eivissa i Formentera) són les que tenen una major proporció de *Cystoseira stricta*, amb més del 90% d'ocupació, essent molt abundant (categoria CMA) en un 56% de la costa. A Menorca, es destacable que el 6% de la costa està ocupada per espècies de *Cystoseira* de zones calmades (*Cystoseira barbata*, *Cystoseira balearica*, etc.), el que juntament amb el 82% ocupat per *Cystoseira stricta* indica el bon estat de conservació d'aquesta reserva de la biosfera. Per últim, Mallorca presenta un menor percentatge d'ocupació d'espècies del gènere *Cystoseira*, i a més, les abundàncies són les més baixes trobades. La comunitat de *Cystoseira stricta* amb alts recobriments (categoria CMA) només s'hi troba en un 37% de la costa. L'ocupació per *Corallina-Haliptilon* és molt similar a Mallorca i Menorca, amb un 11% de recobriment en ambdues illes, i és més baixa a les Pitiüses (5%).

MALLORCA

Mallorca és l'illa de majors dimensions de l'arxipèlag Balear. El port de Palma i el d'Alcúdia concentren el trànsit marítim comercial de tota l'illa, i a les badies que ocupen es concentren altres pressions antròpiques. El litoral de Mallorca es divideix en 16 masses d'aigua, de les quals dues d'elles (MA-1 i MA-3), es troben a la vegada dividides en dos sectors (veure taula 35).

Taula 35. Nom, delimitació i extensió de les masses d'aigua (MA) i sectors de costa definits a Mallorca.

MALLORCA			
MA	Sector	Delimitació	Long. MA (km)
MA-1	A	Cala Falcó – Na Foradada	32,2
	B	Punta Castellot – Punta Negra	50,3
MA-2	-	Badia de Santa Ponça	14,5
MA-3	A	Punta Negra – Cap Gros	61,7
	B	Ses Puntes – Illa Formentor	102,0
MA-4	-	Badia de Sóller	6,0
MA-5	-	Badia de Pollença	46,0
MA-6	-	Cap Pinar – Illa d'Aucanada	13,9
MA-7	-	Illa d'Aucanada – Colònia St. Pere	42,6
MA-8	-	Colònia St. Pere – Cap Capdepera	39,8
MA-9	-	Cap de Capdepera – Portocolom	87,5
MA-10	-	Punta des Joncs – Cala Figuera	37,5
MA-11	-	Cala Figuera – Cala Beltran	73,9
MA-12	-	Cabrera	60,5
MA-13	-	Cala Beltran – Cap de Regana	14,3
MA-14	-	Cap de Regana – Cap de Enderrocat	11,0
MA-15	-	Cap Enderrocat – Cala Major	64,2
MA-16	-	Cala Major – Cala Falcó	31,8

A la figura 33 es presenten les categories trobades per a cada sector de costa a Mallorca. Es pot apreciar que existeixen zones de l'illa, com les badies de Pollença (MA-5), Alcúdia (MA-7) o Palma (MA-15) on el percentatge de costa sense avaluar (costa sorrenca i interior de ports) és superior al 50%, arribant gairebé al 70% en el cas de Palma. A la resta de les masses d'aigua el percentatge de costa no avaluada és menor.

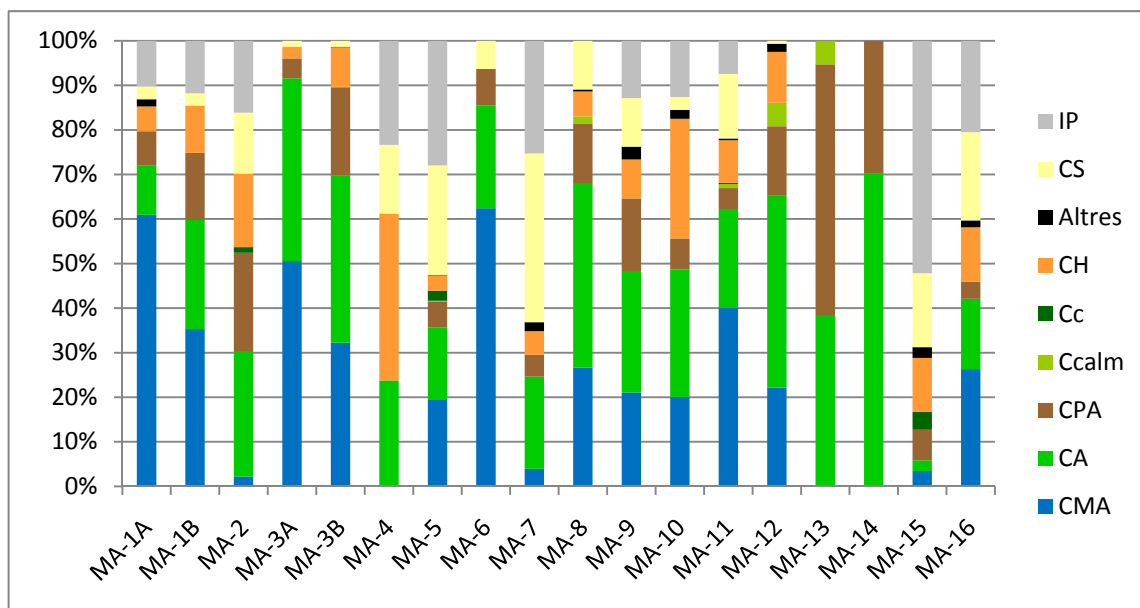


Figura 33. Resultats de les categories per cada sector de costa a Mallorca.

Per obtenir una visió més clara, a la figura 34 s'han eliminat els trams de costa no avaluats (IP i CS), representant-se només l'ocupació de les comunitats algals al litoral mallorquí per a cada sector de costa. S'observa que el percentatge d'ocupació de les comunitats dominades per espècies del gènere *Cystoseira* supera gairebé sempre el 60%, essent fins i tot del 100% en tres masses d'aigua (MA-6, MA-13 i MA-14). Les excepcions són les masses d'aigua MA-4 (badia d'Alcúdia) on l'ocupació no arriba al 40%, i MA-15 (badia de Palma) on és del 53%. Una altra comunitat àmpliament representada és la dominada per *Corallina-Halimnion*, que ocupa més del 60% a la massa d'aigua MA-4, un 38% a MA-15 i un 31% a MA-10.

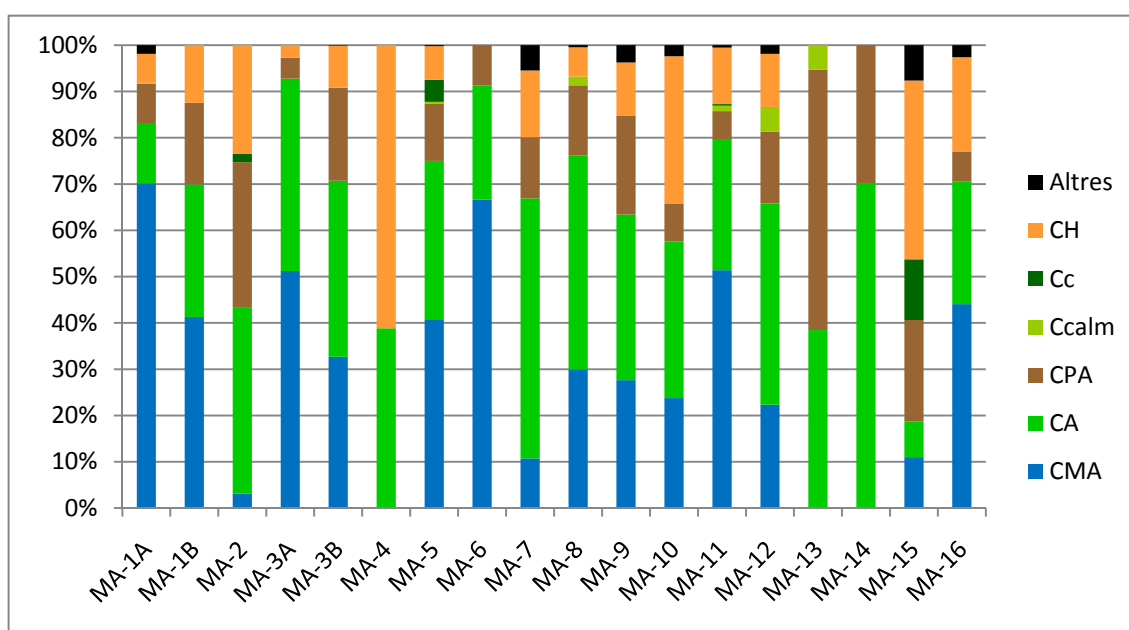


Figura 34. Resultats de las comunitats presents per cada sector de costa a Mallorca.

MASSES D'AIGUA

A continuació es descriuen les comunitats algals trobades a cadascun dels sectors o masses d'aigua (prospectats en la seva totalitat l'any 2009). Cal distingir l'ocupació total, que inclou les zones no avaluades, de la parcial, on s'exclouen aquestes, referint-se només a la costa amb comunitats algals.

MA-1A (Fig. 35 i taula 36)

Aquest sector es situa al sud-sud-oest de l'illa i pertany al municipi de Calvià, entre els nuclis de població de Portals Vells i Santa Ponça. Es tracta d'un tram de costa relativament petit, de 32 km de costa (13 km prospectats durant el 2006) predominantment rocosa, amb presència de petits ports esportius. Com es pot apreciar a la taula 36, la comunitat desenvolupada s'ha mantingut constant al llarg dels dos anys d'estudi, presentant només petites fluctuacions que podrien ésser variacions naturals. Aquí, més del 50% del substrat total, està ocupat per *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5) a les zones de plataforma de costa baixa. La comunitat dominada per *Corallina elongata* i *Haliptilon virgatum* es desenvolupa únicament a les zones de costa de penya-segat baix. El desenvolupament d'aquestes comunitats ens indica l'estat *Molt bo* d'aquest sector que ha obtingut un valor d'EQR de 0,98 similar al obtingut el 2006 (1).

Taula 36. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa MA-1A.

MA-1A	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	668,20	2,07%	2,39%
Cs2	209,70	1,60%	2,08%	1779,50	5,52%	6,35%
Cs3	694,10	5,28%	6,90%	3589,60	11,14%	12,82%
Cs4	2549,70	19,41%	25,33%	15656,90	48,58%	55,91%
Cs5	5900,10	44,91%	58,61%	3990,10	12,38%	14,25%
A. fotòfiles	---	---	---	519,90	1,61%	1,86%
CH	679,10	5,17%	6,75%	1759,60	5,46%	6,28%
U	33,30	0,25%	0,33%	39,60	0,12%	0,14%
CS	615,20	4,68%	---	925,70	2,87%	---
IP	2455,20	18,69%	---	3300,70	10,24%	---
L. prospectada (m)	13136	---	---	32230	---	---

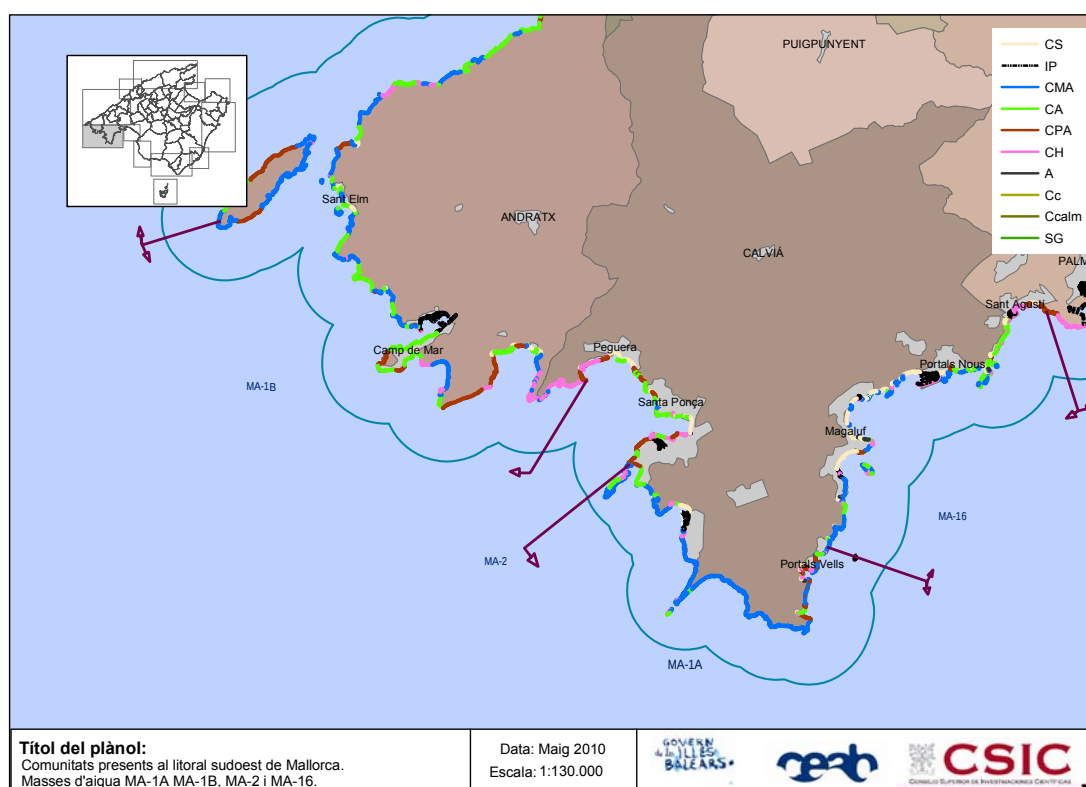


Figura 35. Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa MA-1A, MA-1B, MA-2 i MA-16 a Mallorca.

MA-1B (Fig. 35 i taula 37)

El sector de costa MA-1B es situa a l'extrem més occidental de la illa de Mallorca i inclou la reserva de la illa de Dragonera. Es tracta d'un tram de costa rocosa (menys del 3% de la mateixa està ocupada per petites cales) de 50 km de longitud (17 km prospectats el 2006) que s'estén entre els termes municipals d'Andratx i Calvià. Igual que a la massa d'aigua anterior la comunitat es troba dominada per *Cystoseira stricta* a les plataformes de costa baixa (Cs3, Cs4 i Cs5), mentre que a les zones de penya-segat domina *Corallina-Halimtilon* amb poblacions esparses de *Cystoseira* (Cs2). Es tracta d'un sector en un estat *Molt bo* que ha obtingut un valor d'EQR de 0,99.

Taula 37. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa MA-1B.

MA-1B	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs2	638,80	3,84%	6,01%	7551,00	15,05%	17,60%
Cs3	592,10	3,56%	5,57%	12292,60	24,50%	28,65%
Cs4	1210,10	7,27%	11,39%	8526,90	16,99%	19,87%
Cs5	7673,80	46,11%	72,23%	9186,80	18,31%	21,41%
Cc	190,70	1,15%	1,79%	---	---	---
CH	318,50	1,91%	3,00%	5346,70	10,66%	12,46%
CS	107,90	0,65%	---	1363,60	2,72%	---
IP	5912,30	35,52%	---	5912,30	11,78%	---
L. prospectada (m)	16644	---	---	50180	---	---

MA-2 (Fig. 35 i taula 38)

La petita franja de costa que ocupa la massa d'aigua MA-2 es localitza al sud-oest de l'illa, entre les poblacions de Santa Ponça i Peguera. Els 14 km de costa (7 km prospectats el 2006) pertanyen al terme municipal de Calvià. És una costa rocosa, amb menys del 15% ocupat per cales i platges, que està densament edificada i on es localitza un port esportiu (a Santa Ponça). Els trams subverticals estan ocupats per *Cystoseira* de categories Cs2 i Cs3, desenvolupant-se una comunitat Cs1 a les zones més verticals i de *Corallina* a les extraplomades. Es tracta d'una massa d'aigua en un estat *Molt bo*, amb un valor d'EQR de 0,76 al límit entre les categories de *Molt bo* i *Bo*, que és lleugerament més baix que l'obtingut l'any 2006 (0,82).

Taula 38. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-2.

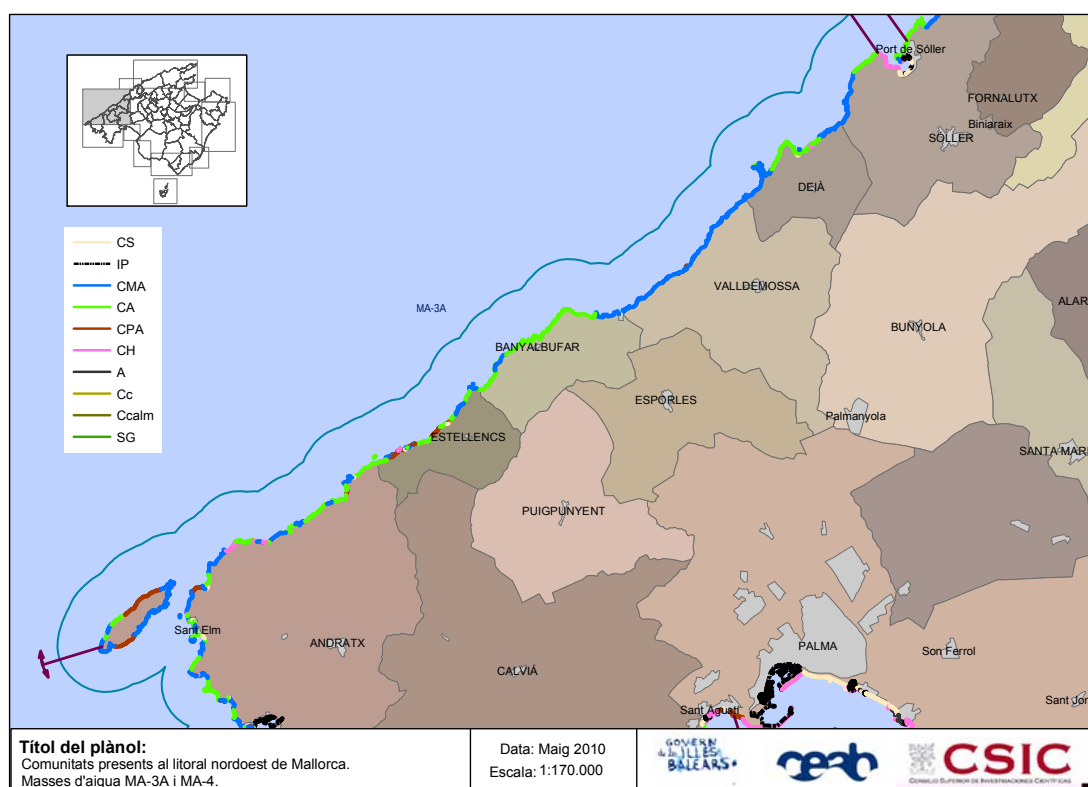
MA-2	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	77,20	1,06%	1,81%	557,40	3,87%	5,51%
Cs2	559,70	7,66%	13,13%	2623,90	18,20%	25,93%
Cs3	385,40	5,28%	9,04%	4060,60	28,16%	40,14%
Cs4	1453,10	19,89%	34,09%	317,70	2,20%	3,14%
Cs5	230,80	3,16%	5,42%	---	---	---
Cc	---	---	---	179,90	1,25%	1,78%
A. fotòfiles	33,20	0,45%	0,78%	---	---	---
CH	1373,40	18,80%	32,22%	2.377,80	16,49%	23,50%
U	149,90	2,05%	3,52%	---	---	---
CS	604,30	8,27%	---	1972,50	13,68%	---
IP	2439,70	33,39%	---	2327,40	16,14%	---
L. prospectada (m)	7307	---	---	14417	---	---

MA-3A (Fig. 36 i taula 39)

El sector MA-3A s'estén al llarg de 62 km (16 km prospectats el 2006) localitzats a l'oest de l'illa entre els termes municipals d'Andratx i Sóller, ocupant també la costa dels municipis d'Estellencs, Banyalbufar, Valldemossa i Deià. És un sector de costa agresta, amb penya-segats, situat a la serra de Tramuntana, amb escassos accessos al mar on s'han creat ports esportius molt petits com els de Valldemossa o Deià. Els petits nuclis de població estan separats entre sí, de manera que les pressions antròpiques són pràcticament inexistents. La comunitat està dominada per *Cystoseira stricta*, que a les zones de plataforma es presenta en les categories Cs4 i Cs5, mentre que a les zones més verticals apareixen en petites taques aïllades (Cs3) típiques de zones de penya-segat ben conservades. El valor d'EQR obtingut és d'1 els dos anys mostrejats, per tant l'estat de conservació de la zona és immillorable.

Taula 39. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa MA-3A.

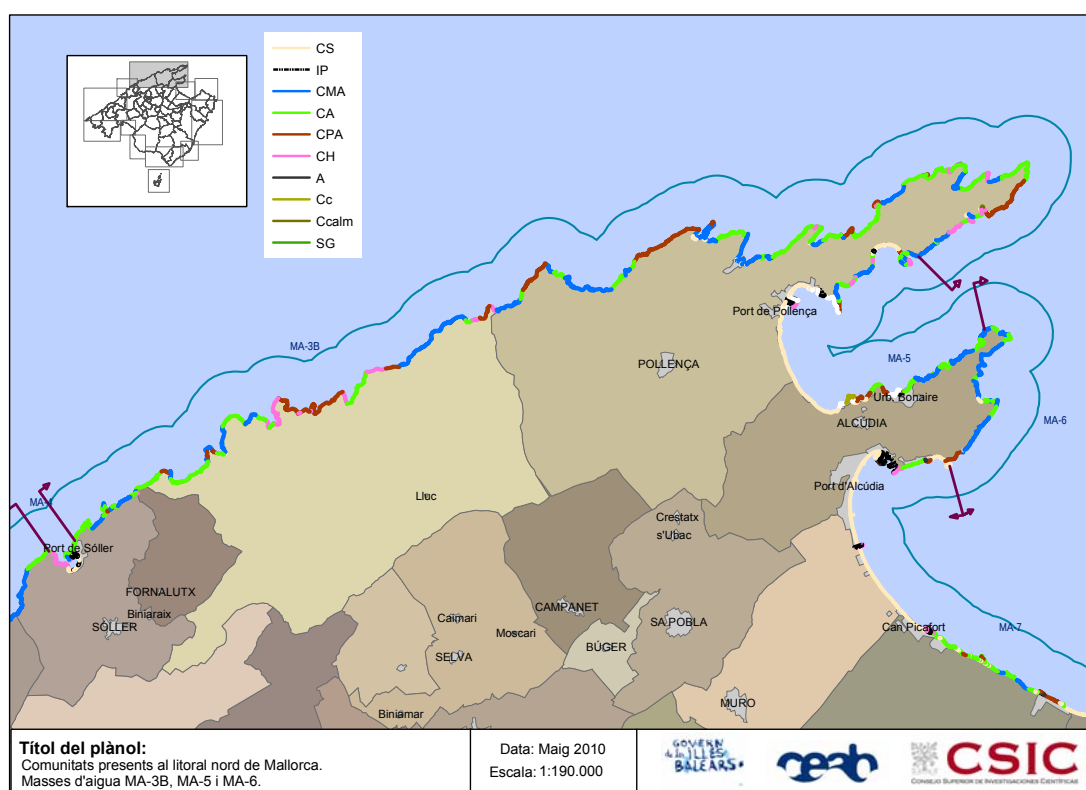
MA-3A	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	73,40	0,12%	0,12%
Cs2	459,50	2,81%	2,83%	2675,50	4,33%	4,39%
Cs3	3586,80	21,91%	22,05%	25337,20	41,05%	41,58%
Cs4	7362,60	44,97%	45,27%	20099,90	32,56%	32,99%
Cs5	4359,50	26,63%	26,80%	11102,30	17,99%	18,22%
CS	496,80	3,03%	3,05%	1644,70	2,66%	2,70%
IP	107,90	0,66%	---	790,40	1,28%	---
L. prospectada (m)	16373	---	---	61723	---	---

**Figura 36.** Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa MA-3A a Mallorca.*MA-3B (Fig. 37 i taula 40)*

El sector MA-3B es distribueix al llarg de l'extrem sud de la serra de Tramuntana. S'estén per 102 km de costa (27 km prospectats el 2006) que pertanyen als termes municipals de Sóller, Fornalutx, Escorca i Pollença. És una costa rocosa agresta de penya-segats, amb escassos nuclis urbans amb accés al mar. La comunitat està dominada per *Cystoseira stricta*, que es desenvolupa àmpliament a les plataformes (categories Cs4 i Cs5), mentre que a les zones subverticals es troba la categoria a taques (Cs3), i a les zones verticals es desenvolupen individus més o menys aïllats (Cs1 i Cs2) juntament amb *Corallina*. Es tracta d'un sector en un estat *Molt bo*, amb un valor d'EQR de 0,96.

Taula 40. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa MA-3B.

MA-3B	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	1834,20	1,80%	1,82%
Cs2	707,90	2,58%	2,62%	18417,20	18,03%	18,27%
Cs3	8350,90	30,47%	30,89%	38313,50	37,50%	38,01%
Cs4	12186,20	44,47%	45,07%	31758,50	31,08%	31,51%
Cs5	3233,20	11,80%	11,96%	1202,90	1,18%	1,19%
Cc	---	---	---	113,20	0,11%	0,11%
A. fotòfiles	684,60	2,50%	2,53%	88,40	0,09%	0,09%
CH	1874,50	6,84%	6,93%	9075,70	8,88%	9,00%
CS	161,60	0,59%	---	1367,80	1,34%	---
IP	204,40	0,75%	---	---	---	---
L. prospectada (m)	27403	---	---	102171	---	---

**Figura 37.** Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa MA-3B, MA-5 i MA-6 a Mallorca.

MA-4 (Fig. 38 i taula 41)

Els 6 km de costa es corresponen a la badia de Sóller (5 km prospectats el 2006), el nucli urbà més important de la serra de Tramuntana. És una badia petita, ocupada en una quarta part per la zona portuària corresponent als ports esportius, pesquer i de la base naval militar. El fons de la badia està ocupada per una platja de sorra d'1 km a la qual desemboca una riera. La zona oest ocupada per una comunitat de *Corallina-Haliptilon* que es desenvolupa tant a les esculleres artificials de l'interior de la

badia, com a les zones naturals de penya-segats i costa baixa. A l'exterior del port es desenvolupen petites taques de *Cystoseira* sobre penya-segats (Cs3). S'ha detectat un descens de la categoria a la massa d'aigua que ha passat de *Molt bo* el 2006 (amb un valor d'EQR de 0,86) a *Bo* el 2009 (amb un valor de 0,71). Aquest descens podria estar relacionat amb les obres d'ampliació del port efectuades durant el 2006. Es recomana fer un seguiment més exhaustiu d'aquesta massa d'aigua en els pròxims anys.

Taula 41. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-4.

MA-4	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs3	133,10	2,45%	4,53%	1426,80	23,78%	38,82%
Cs4	1616,30	29,74%	55,06%	---	---	---
Co	1186,30	21,83%	40,41%	2248,20	37,47%	61,18%
CS	923,20	16,99%	---	923,20	15,39%	---
IP	1575,80	29,00%	---	1401,30	23,36%	---
L. prospectada (m)	5435	---	---	6000	---	---

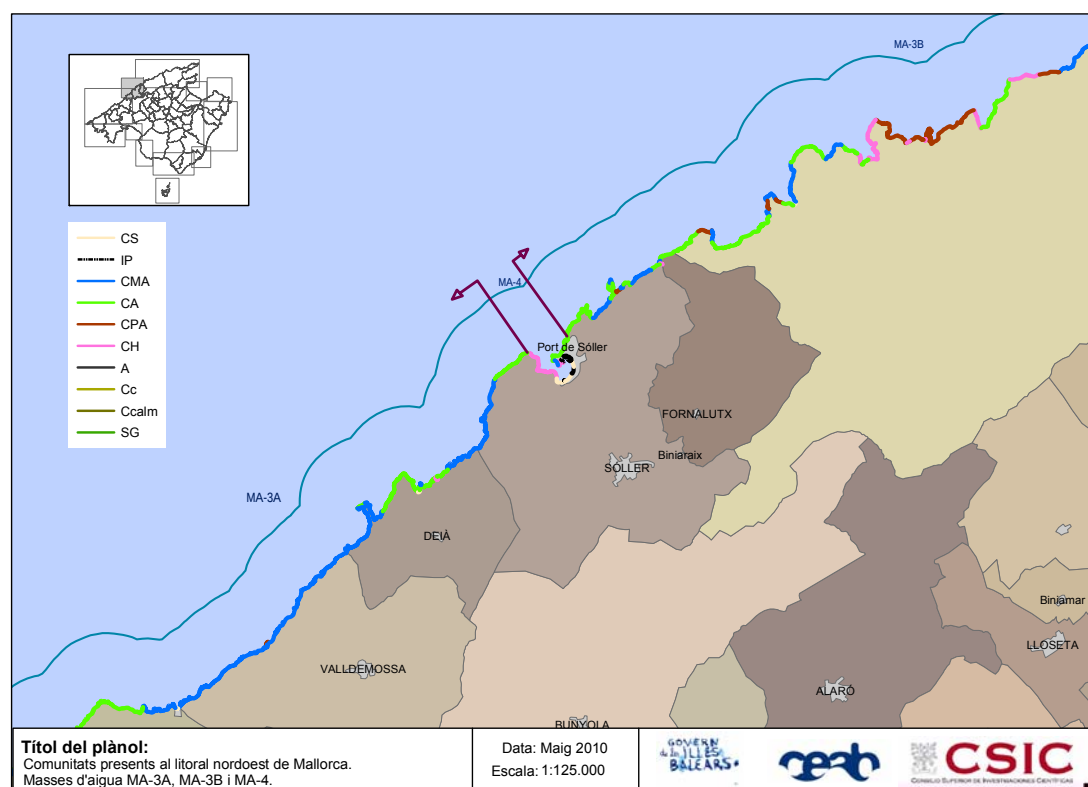


Figura 38. Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-4 a Mallorca.

MA-5 (Fig. 37 i taula 42)

La massa d'aigua MA-5 es localitza a la badia de Pollença estenent-se entre els termes municipals de Pollença i Alcúdia al llarg de 46 km (14 km prospectats el 2006). Presenta tres ports importants: el port de Pollença, la base naval i el port esportiu “El Cocodrilo”. La població es concentra a la badia de Pollença, on hi ha una gran platja, que juntament amb les petites cales de la badia fan un total de 11 km de costa sorrenca, intercalats per estructures artificials (petits embarcadors i espigons) i roques aïllades. A les estructures artificials s’assenten algues fotòfiles, Ulvàcies, i a vegades, poblacions poc denses de *Cystoseira stricta* (Cs2), mentre que a la costa rocosa hi ha un horitzó de *Cystoseira stricta* discontinu (Cs3) i continu (Cs4 i Cs5) quan es tracta de plataformes horitzontals. També hi ha petits trams verticals o extraplomats on la comunitat està dominada per *Corallina-Halimnion*. L’estat ecològic *Molt bo* s’ha mantingut estable respecte el 2006, no observant-se cap canvi significatiu a les comunitats presents.

Taula 42. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d’aigua MA-5.

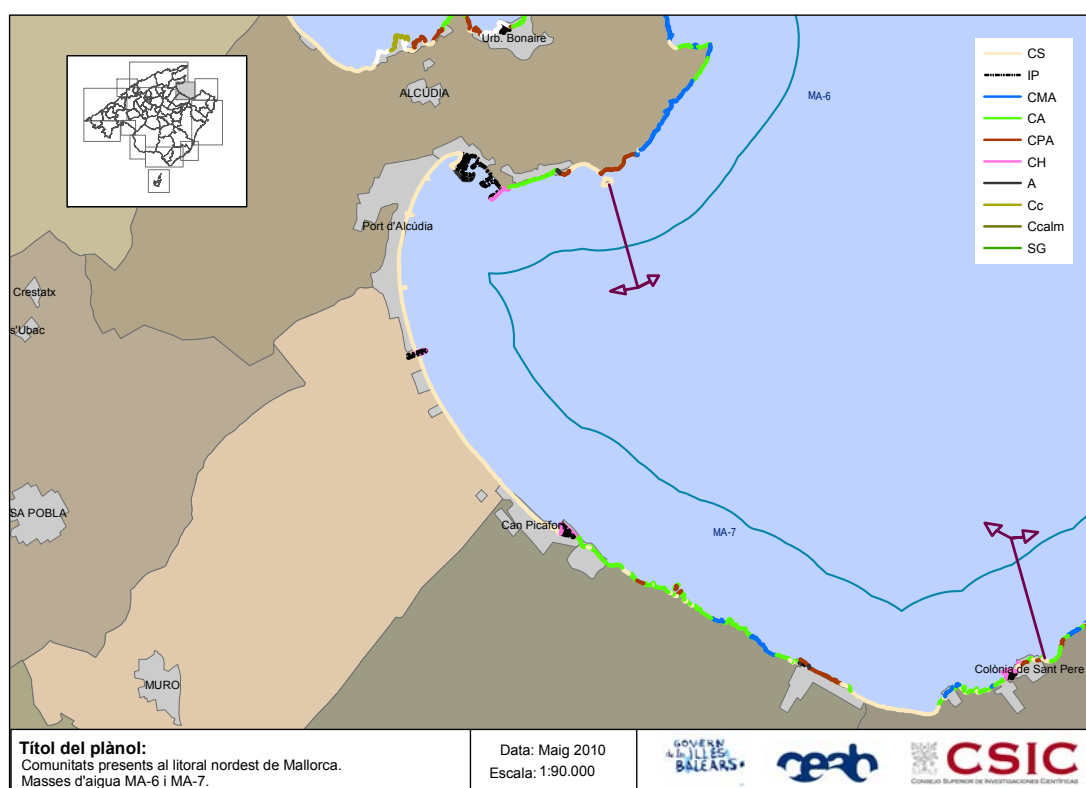
MA-5	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	54,30	0,39%	0,59%	54,30	0,12%	0,25%
Cs2	58,00	0,41%	0,63%	2653,00	5,77%	12,16%
Cs3	3406,40	24,32%	36,87%	7458,40	16,23%	34,19%
Cs4	2950,90	21,07%	31,94%	8626,30	18,77%	39,55%
Cs5	1096,20	7,83%	11,86%	277,60	0,60%	1,27%
C calm	---	---	---	77,60	0,17%	0,36%
Cc	---	---	---	1040,60	2,26%	4,77%
A. fotòfiles	584,40	4,17%	6,33%	44,90	0,10%	0,21%
CH	736,50	5,26%	7,97%	1580,40	3,44%	7,25%
<i>Lithophyllum</i>	247,20	1,76%	2,68%	---	---	---
Ulvàcies	106,00	0,76%	1,15%	---	---	---
CS	1616,70	11,54%	---	11290,00	24,57%	---
IP	3150,30	22,49%	---	12845,60	27,96%	---
L. prospectada (m)	14007	---	---	45949	---	---

MA-6 (Fig. 37 i 39 i taula 43)

Aquesta massa d’aigua de 14 km de longitud (8 km prospectats el 2006) està situada a la part nord-est de l’illa i pertany al municipi d’Alcúdia. És una zona poc poblada sense ports. El substrat rocós està ocupat per una comunitat de *Cystoseira* (Cs3 i Cs4) excepte a la zona sud on es desenvolupen individus aïllats (Cs1). L’estat ecològic *Molt bo* es manté respecte a la mesura de l’any 2006, amb gairebé el mateix valor d’EQR (0,99 i 1).

Taula 43. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-6.

MA-6	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	1128,40	8,14%	8,69%
Cs2	184,90	2,18%	2,24%	---	---	---
Cs3	2082,20	24,55%	25,21%	3206,50	23,13%	24,69%
Cs4	3469,50	40,91%	42,01%	8651,70	62,41%	66,62%
Cs5	1255,30	14,80%	15,20%	---	---	---
Trottoir	149,50	1,76%	1,81%	---	---	---
CH	1117,80	13,18%	13,53%	---	---	---
CS	221,30	2,61%	---	876,30	6,32%	---
L. prospectada (m)	8481	---	---	13863	---	---

**Figura 39.** Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-7 a Mallorca.**MA-7 (Fig. 39 i taula 44)**

Aquesta massa d'aigua de 43 km (14 km prospectats el 2006) es troba al nord-est de l'illa i pertany als municipis d'Alcúdia, Muro, Santa Margalida i Artà. Es tracta d'una zona turística densament poblada, on el 25% de la costa es troba ocupada per estructures artificials associades al port d'Alcúdia, al port esportiu de Can Picafort i al Club Nàutic de la Colònia de Sant Pere. Al 38% de la costa es troben les grans platges del fons de la badia. De la costa rocosa avaluada, més del 50% està dominada per *Cystoseira* (Cs3), que prop de les zones portuàries es veu substituïda per comunitats de *Corallina-Halimnion*. L'estat ecològic *Molt bo* del 2006 es manté el 2009 amb una lleugera baixada del valor d'EQR (de 0,92 a 0,88).

Taula 44. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa MA-7.

MA-7	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	200,80	1,38%	3,51%	349,10	0,82%	2,22%
Cs2	735,30	5,06%	12,85%	1728,30	4,05%	10,99%
Cs3	1109,30	7,63%	19,38%	8839,30	20,70%	56,20%
Cs4	1823,40	12,54%	31,86%	1685,10	3,95%	10,71%
Cc	370,20	2,55%	6,47%	---	---	---
A. fotòfiles	298,30	2,05%	5,21%	861,10	2,02%	5,48%
CH	990,30	6,81%	17,30%	2265,00	5,30%	14,40%
Ulvàcies	196,30	1,35%	3,43%	---	---	---
CS	1284,00	8,83%	---	16173,90	37,88%	---
IP	7534,70	51,81%	---	10796,80	25,29%	---
L. prospectada (m)	14543	---	---	42699	---	---

MA-8 (Fig. 40 i taula 45)

Aquesta massa d'aigua de 40 km (8 km prospectats el 2006) es situa al nord nord-est de l'illa i pertany als municipis d'Artà i Capdepera. Cal destacar que en aquesta massa es localitza el parc natural de la Península de Llevant. És una zona relativament poc habitada, amb tres nuclis urbans petits: Betlem, cala Mesquida i cala Lliteres. Es tracta d'un tram de costa de penya-segats, amb petites plataformes, on s'intercalen petites cales de sorra, que en conjunt no ocupen més del 11%. No s'han detectat infraestructures artificials importants. La costa està ocupada per *Cystoseira stricta* a totes les plataformes horitzontals i subverticals, apareixent de manera més aïllada en els trams verticals colonitzats per *Corallina elongata* i *Halimnion virgatum*. Cal destacar la presència de *Cystoseira balearica* i *Cystoseira crinita*, el que ens indica un alt grau de conservació. Això es veu reflectit en l'estat ecològic *Molt bo*, amb un valor d'EQR de 0,95 similar al obtingut al 2006 (1).

Taula 45. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-8.

MA-8	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	364,60	4,47%	4,63%	293,30	0,74%	0,83%
Cs2	198,60	2,43%	2,52%	5054,60	12,71%	14,27%
Cs3	1597,60	19,58%	20,31%	16394,40	41,22%	46,28%
Cs4	4922,80	60,34%	62,57%	9711,30	24,42%	27,42%
Cs5	392,60	4,81%	4,99%	896,30	2,25%	2,53%
Ccalm	---	---	---	672,60	1,69%	1,90%
A. fotòfiles	---	---	---	160,80	0,40%	0,45%
CH	390,90	4,79%	4,97%	2238,20	5,63%	6,32%
CS	291,40	3,57%	---	4348,70	10,93%	---
L. prospectada (m)	8159	---	---	39770	---	---

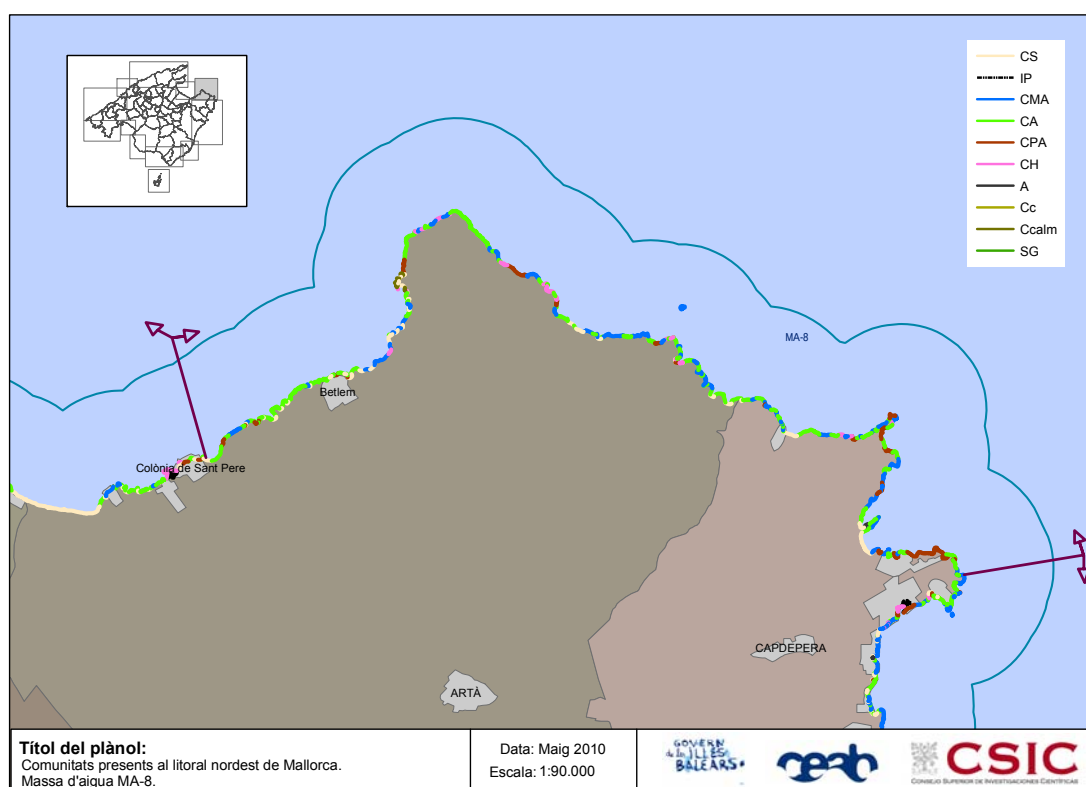


Figura 40. Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-8 a Mallorca.

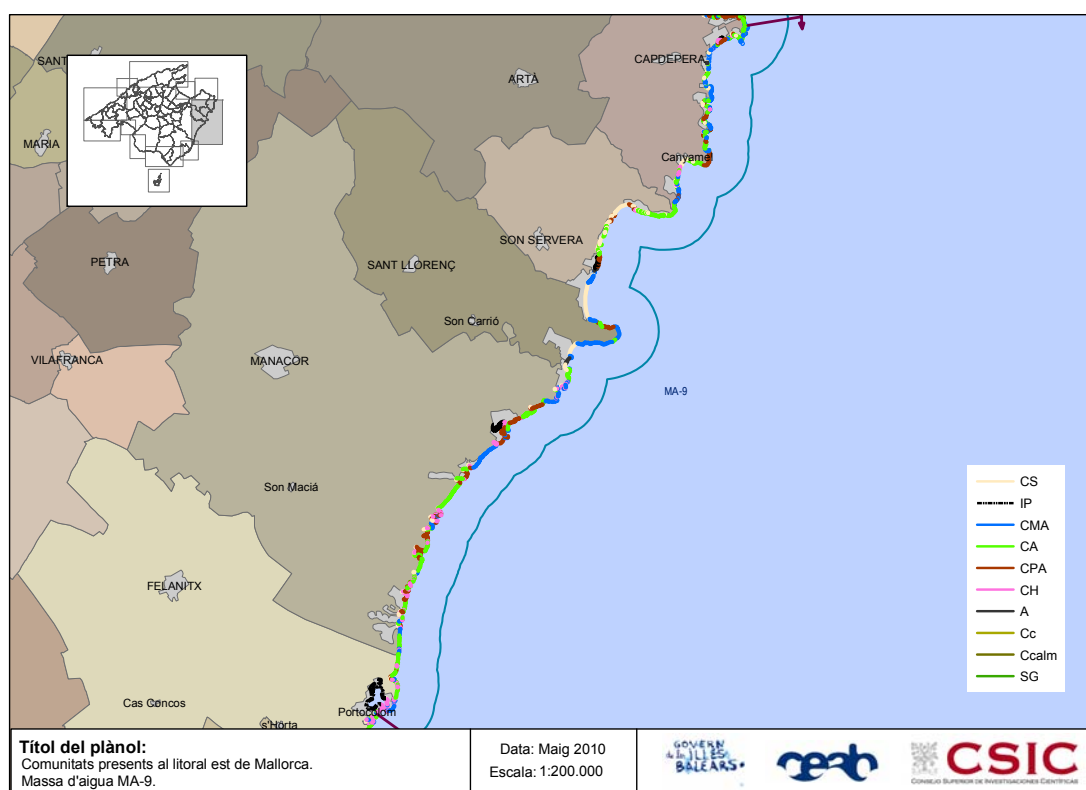
MA-9 (Fig. 41 i taula 46)

Aquesta massa d'aigua de 87 km (20 km prospectats el 2006) es situa a la costa de Llevant, al sud-est de l'illa i pertany als municipis de Capdepera, Son Servera, Sant Llorenç, Manacor i Felanitx. S'hi troben els nuclis de població de cala Rajada, Portocristo, Portocolom, així com els nuclis de poblacions de Son Servera i Capdepera, que no estan a la costa però hi són ben a prop. Els ports de cala Rajada, cala Bona, Portocristo i Portocolom, ocupen el 13% de la costa. També hi ha un gran nombre de cales petites que, en conjunt, ocupen només l'11% de la costa. Repartides per aquestes cales es localitzen nombroses urbanitzacions.

Es tracta d'una costa de penya-segats mitjos, a la base dels quals surten plataformes més o menys àmplies on es desenvolupa la comunitat de *Cystoseira*, que ocupa gairebé el 65% del total de la costa. En els punts on la costa es fa més vertical aquesta comunitat és substituïda per una altra dominada per *Corallina elongata* i *Haliptilon virgatum*. Malgrat l'alt grau d'urbanització en aquesta massa d'aigua, l'estat ecològic és *Molt bo* amb un EQR de 0,87, similar al de 2006 (0,91).

Taula 46. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-9.

MA-9	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	241,00	1,21%	1,27%	6569,10	7,51%	9,85%
Cs2	627,90	3,16%	3,32%	7645,20	8,74%	11,46%
Cs3	4103,80	20,64%	21,67%	23877,50	27,28%	35,79%
Cs4	9094,70	45,74%	48,03%	16743,60	19,13%	25,10%
Cs5	613,70	3,09%	3,24%	1695,50	1,94%	2,54%
A. fotòfiles	536,70	2,70%	2,83%	2497,70	2,85%	3,74%
CH	3598,40	18,10%	19,00%	7691,10	8,79%	11,53%
Ulvàcies	118,50	0,60%	0,63%	---	---	---
CS	847,20	4,26%	---	9547,30	10,91%	---
IP	101,60	0,51%	---	11244,80	12,85%	---
L. prospectada (m)	19884	---	---	87512	---	---

**Figura 41.** Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-9 a Mallorca.

MA-10 (Fig. 42 i taula 47)

Aquesta massa d'aigua de 37 km (19 km prospectats el 2006) es situa al sud-est de l'illa, als municipis de Felanitx i Santanyí. És una zona turística amb els principals nuclis de població a la part sud de Portocolom, Cala d'Or, i Portopetro, i amb un elevat número d'urbanitzacions i hotels. Els ports més importants són el Club Nàutic de Cala d'Or i Portopetro, que ocupen gairebé el 13% de la costa.

La morfologia costanera presenta una àmplia zona de penya-segats mitjos, amb petites plataformes on es desenvolupa una comunitat dominada per *Cystoseira stricta*, fent que les categories Cs3 i Cs4 ocupin més del 46% del total. Les zones de penya-segats verticals ocupen gairebé el 30% de la costa, on es desenvolupa una comunitat dominada per *Corallina-Halimnion*.

Es tracta d'una massa d'aigua amb una valoració de *Molt bo* en els dos anys prospectats, amb un EQR de 0,81 el 2009 i 0,87 el 2006.

Taula 47. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-10.

MA-10	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	372,10	1,97%	2,24%	92,00	0,25%	0,29%
Cs2	210,60	1,11%	1,27%	2502,30	6,68%	7,90%
Cs3	2569,10	13,59%	15,44%	10723,80	28,62%	33,86%
Cs4	6138,90	32,47%	36,88%	6763,90	18,05%	21,35%
Cs5	1899,00	10,04%	11,41%	764,80	2,04%	2,41%
A. fotòfiles	545,40	2,88%	3,28%	757,50	2,02%	2,39%
CH	4698,10	24,85%	28,23%	10070,10	26,87%	31,79%
Ulvàcies	210,60	1,11%	1,27%	---	---	---
CS	451,60	2,39%	---	1069,30	2,85%	---
IP	1809,90	9,57%	---	4730,80	12,62%	---
L. prospectada (m)	18905	---	---	37475	---	---

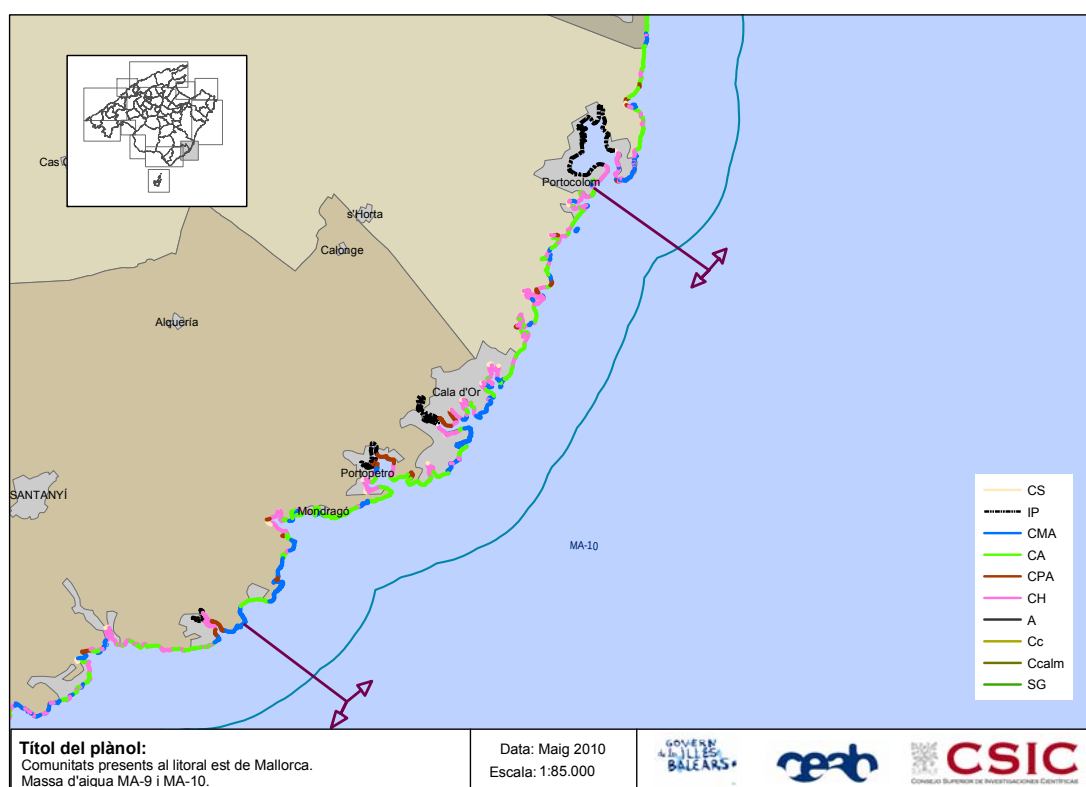


Figura 42. Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-10 a Mallorca.

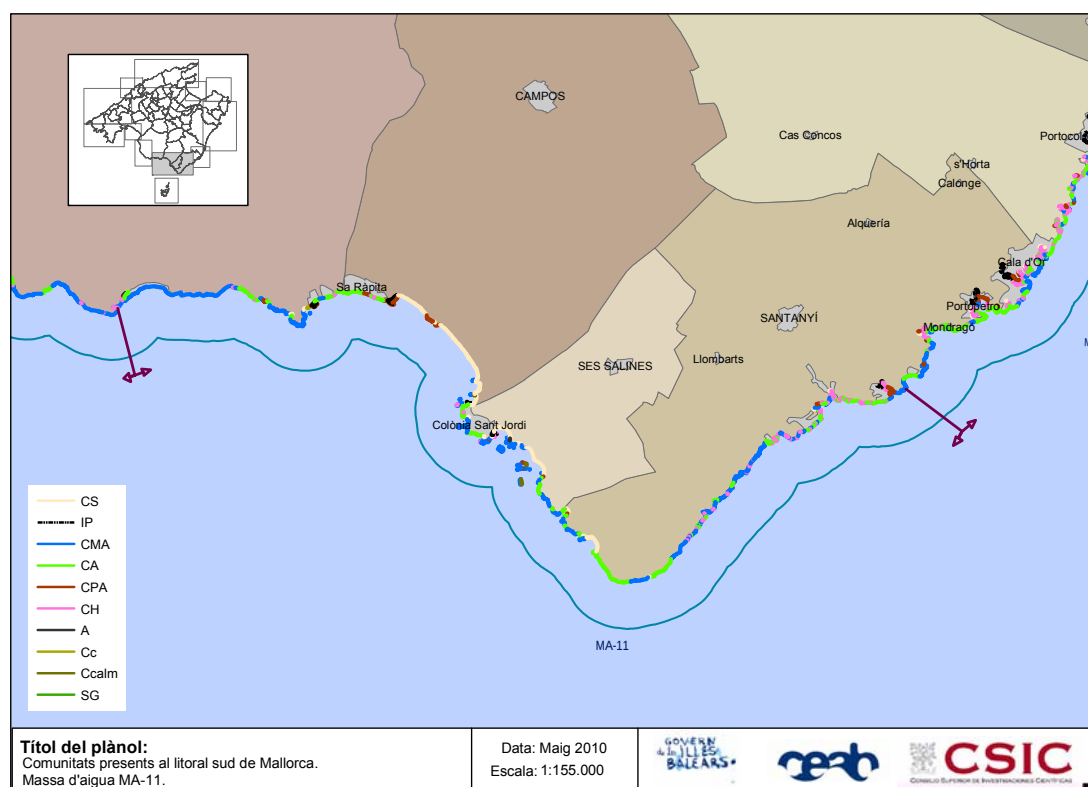
MA-11 (Fig.43 i taula 48)

Aquesta massa d'aigua de 74 km (9 km prospectats el 2006) es situa al sud de l'illa a ponent del sector MA-10. Es tracta d'una massa d'aigua molt heterogènia que es pot dividir en diferents trams. El primer d'ells el constitueix la zona situada a l'est de la punta Salines, que és una zona de penya-segats mitjos amb domini de la comunitat de *Cystoseira* a les petites plataformes i de *Corallina-Halimnion* a les zones més verticals dels penya-segats. El segon tram s'estén des del cap Salines fins a la Colònia Sant Jordi, i està constituït per penya-segats baixos, amb plataformes poc extenses on es desenvolupa una comunitat dominada per *Cystoseira stricta*. En alguns punts protegits s'han trobat també espècies de *Cystoseira* de zones calmades però amb molt baix recobriment (no arriba a l'1%). Després de l'àmplia platja d'es Trenc, que ocupa més del 10% de la massa d'aigua, es localitza el tercer tram, semblant a l'anterior, però al voltant dels nuclis urbans de sa Ràpita i s'Estanyol de Migjorn, és la zona més alterada, on les poblacions de *Cystoseira* són menys denses (Cs1 a Cs3). A la resta es desenvolupa una comunitat de *Cystoseira* (Cs4).

Es tracta d'una massa d'aigua amb un estat *Molt bo*, presentant un valor d'EQR (0,98) sensiblement superior al de l'any 2006 (0,91).

Taula 48. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa MA-11.

MA-11	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	1446,00	1,95%	2,50%
Cs2	85,30	0,99%	0,99%	2040,10	2,76%	3,53%
Cs3	409,00	4,73%	4,77%	16380,10	22,14%	28,36%
Cs4	4240,30	49,01%	49,42%	25959,20	35,09%	44,94%
Cs5	2119,10	24,49%	24,70%	3719,00	5,03%	6,44%
Ccalm	---	---	---	669,60	0,90%	1,16%
Cc	---	---	---	204,70	0,28%	0,35%
A. fotòfiles	---	---	---	41,40	0,06%	0,07%
CH	1726,50	19,95%	20,12%	7055,00	9,54%	12,21%
Ulvàcies	---	---	---	248,20	0,34%	0,43%
CS	72,00	0,83%		10734,60	14,51%	---
IP	---	---	---	5491,00	7,42%	---
L. prospectada (m)	8652	---	---	73989	---	---

**Figura 43.** Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-11 a Mallorca.**MA-12 (Fig. 44 i taula 49)**

Aquesta massa d'aigua de 60 km (8 km prospectats el 2006) correspon a la zona marítima que engloba el Parc Nacional de l'arxipèlag de Cabrera. Es troba al sud de l'illa de Mallorca, i pertany al municipi de Palma. Al tractar-se d'una reserva, l'arxipèlag està pràcticament despoblat. Només es troba un petit nucli urbà, on s'hi localitza l'única estructura artificial constituïda pel moll del port.

La morfologia de l'illa de Cabrera és molt retallada amb una gran quantitat d'ambients on es desenvolupen diferents comunitats. En canvi, la resta de l'arxipèlag és més homogeni. Dominen zones de penya-segats relativament alts, on es desenvolupa una comunitat de *Corallina-Halimnion* i zones de penya-segats mitjos amb plataformes on la comunitat és de *Cystoseira stricta*, més o menys desenvolupada segons l'horitzontalitat del substrat. Cal destacar que les espècies sensibles de *Cystoseira* de zones calmaes, especialment *Cystoseira balearica*, ocupen el 5% de la costa, indicant el bon estat de conservació de la zona. Això es reflecteix en l'estat ecològic *Molt bo* que presenta, amb un valor d'EQR de 0,92.

Taula 49. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-12.

MA-12	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	858,70	11,14%	11,14%	384,80	0,64%	0,64%
Cs2	---	---	---	8958,10	14,82%	14,92%
Cs3	2285,40	29,64%	29,64%	26093,50	43,17%	43,45%
Cs4	2783,00	36,10%	36,10%	13175,90	21,80%	21,94%
Cs5	700,80	9,09%	9,09%	242,40	0,40%	0,40%
Ccalm	---	---	---	3185,40	5,27%	5,30%
A. fotòfiles	---	---	---	1116,90	1,85%	1,86%
CH	1081,50	14,03%	14,03%	6900,10	11,42%	11,49%
CS	---	---	---	390,10	0,65%	---
L. prospectada (m)	7709	---	---	60447	---	---

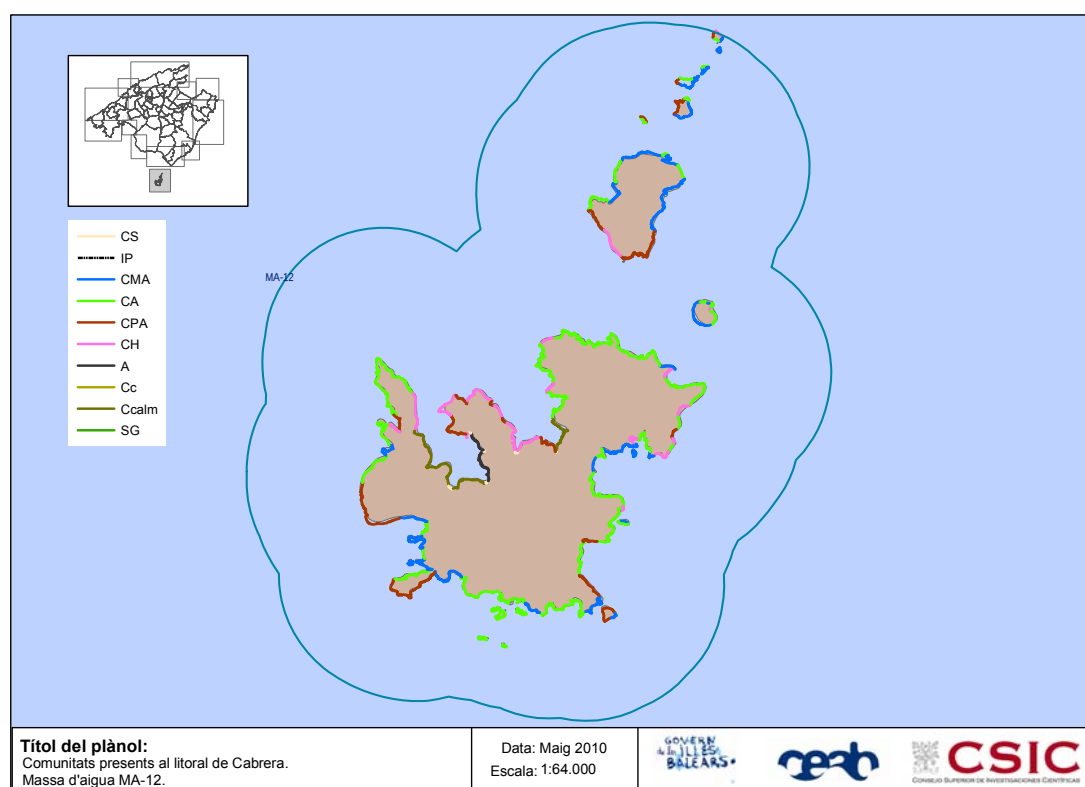


Figura 44. Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-12 a l'arxipèlag de Cabrera (Mallorca).

MA-13 (Fig. 45 i taula 50)

Aquesta massa d'aigua de 14 km (7 km prospectats el 2006) es troba al sud-oest de l'illa de Mallorca i pertany al municipi de Lluçmajor. És una zona molt poc poblada on els accessos a la costa són molt escassos. És una franja costanera sense costa sorrenca, de penya-segats mig-alts continus, a la base del quals es localitzen petites plataformes horitzontals d'extensió variable. Segons sigui l'extensió d'aquestes plataformes es desenvolupa una comunitat de *Cystoseira* més o menys densa, arribant a valors de 56% per a Cs3 i del 38% per a Cs4 sobre el substrat total. A les parets més verticals es desenvolupa una comunitat dominada per *Corallina elongata*. Presenta un estat ecològic *Molt bo* als dos anys mostrejats, amb un valor d'EQR de 0,99 l'any 2009 i d'1 l'any 2006.

Taula 50. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-13.

MA-13	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud	O. total	O. parcial	Longitud	O. total	O. parcial
Cs3	178,10	2,38%	2,38%	8028,10	56,25%	56,25%
Cs4	3814,30	50,98%	50,98%	5490,00	38,46%	38,46%
Cs5	3489,60	46,64%	46,64%	---	---	---
CH	---	---	---	754,60	5,29%	5,29%
L. prospectada (m)	7482	---	---	14273	---	---

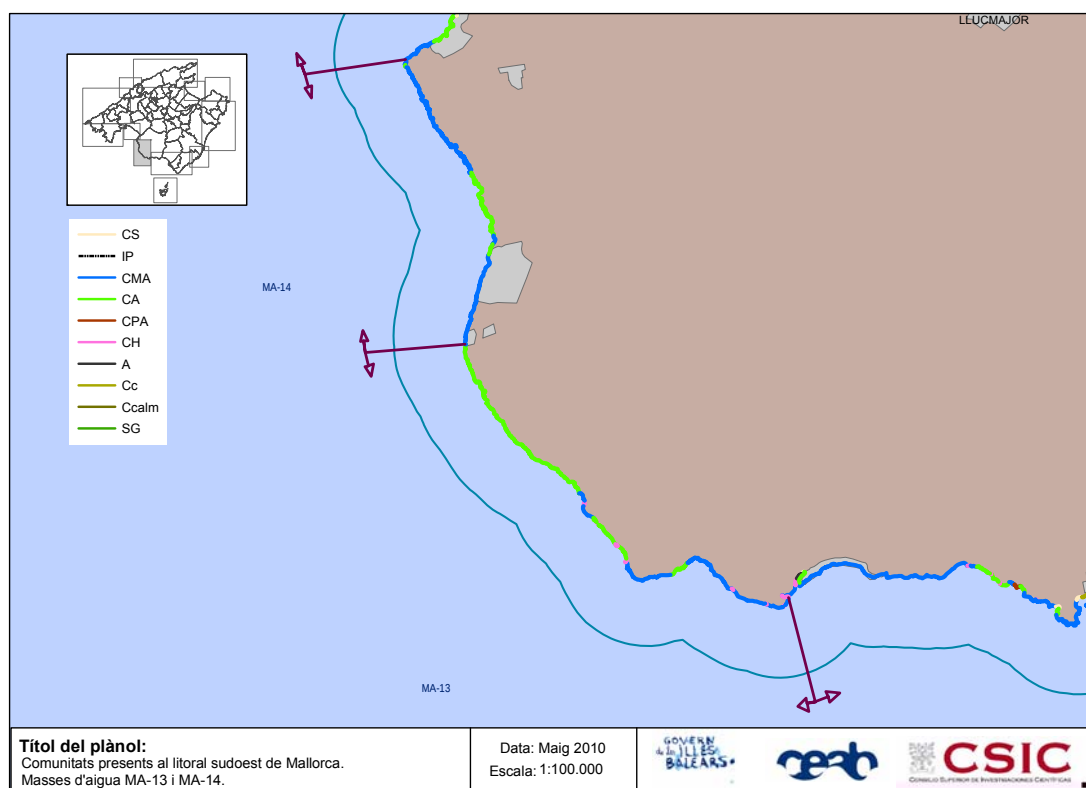


Figura 45. Cartografia de les comunitats presents a les masses d'aigua MA-13 i MA-14 a Mallorca.

MA-14 (Fig. 45 i taula 51)

Situat al sud-oest de l'illa té una longitud d'11 km (prospectats en la seva totalitat el 2006) i pertany al municipi de Lluçmajor. Es tracta d'una zona densament poblada amb diverses urbanitzacions que no arriben al mar, i sense cap port. La costa està constituïda per penya-segats que arriben fins als 120 metres d'alçada, a un 70% de les bases dels quals hi ha plataformes horitzontals o blocs mètrics, on es desenvolupa un horitzó de *Cystoseira stricta* molt abundant (Cs4). Al 30% restants es desenvolupa un horitzó discontinu de *Cystoseira stricta* (Cs3) sobre blocs mètrics, i en menor grau, sobre paret subvertical. Durant els dos anys prospectats, el seu estat ecològic ha estat *Molt bo*, amb un EQR d'1.

Taula 51. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-14.

MA-14	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs2	280,30	2,55%	2,57%	---	---	---
Cs3	3024,70	27,48%	27,78%	3282,80	29,83%	29,83%
Cs4	6893,80	62,64%	63,32%	7722,80	70,17%	70,17%
Cs5	687,70	6,25%	6,32%	---	---	---
CS	119,10	1,08%	---	---	---	---
L. prospectada (m)	11006	---	---	11006	---	---

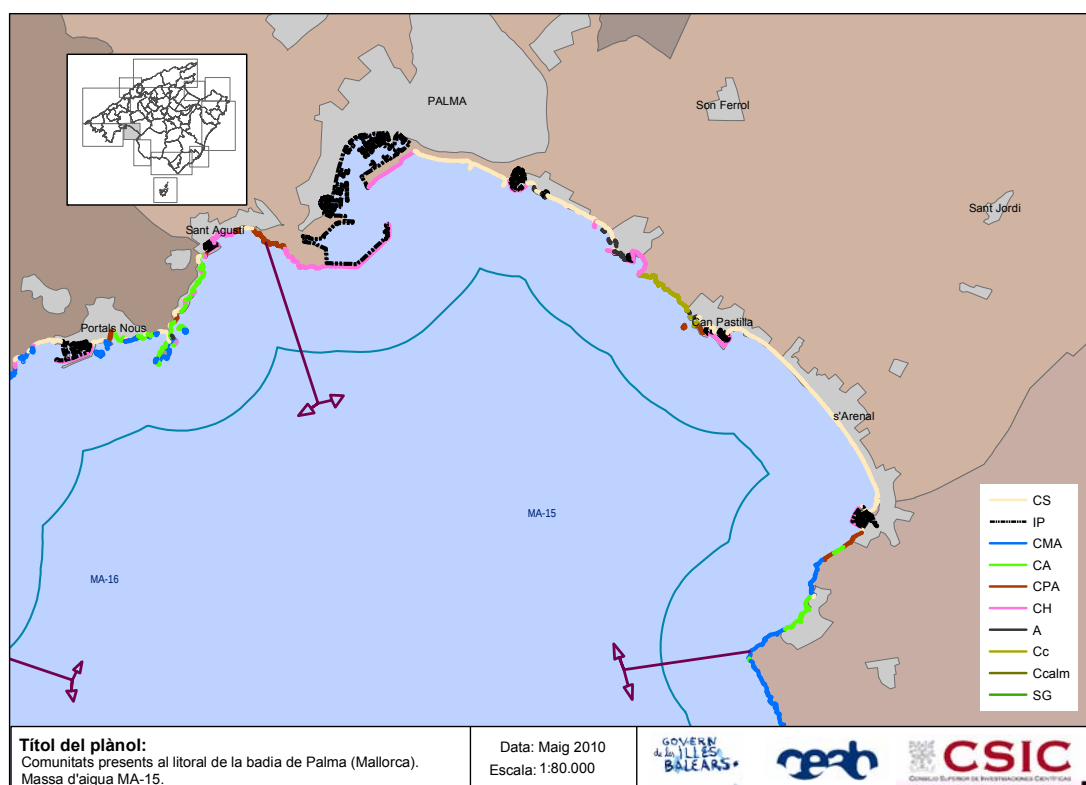
MA-15 (Fig. 46 i taula 52)

Situada a la badia de Palma es localitza als municipis de Lluçmajor i Palma, i té una longitud de 66 km (15 km prospectats el 2006). És la zona més habitada i més antropitzada de l'illa. S'hi troba el club marítim de S'Arenal, el club marítim de Sant Antoni de la Platja, el club nàutic de cala Gambes, el club marítim de Levante, es Portitxol, i el port comercial de Palma, que ocupen el 52%. Per altra banda el 17% està ocupat per costa sorrenca. A les estructures artificials es desenvolupa una comunitat de Coral·linàcies, sobre els dics exteriors dels ports. A la roca natural es troben la major proporció de *Cystoseira compresa* i de les menors de *Cystoseira stricta* de tota la illa. Les comunitats de *Cystoseira stricta* més desenvolupades (Cs3 i Cs4) ocupen la zona est de la badia.

La massa d'aigua es troba amb un estat ecològic *Bo*, amb un valor d'EQR (0,75) lleugerament superior al del 2006 (0,69), i en el límit entre l'estat *Bo* i *Molt bo*.

Taula 52. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-15.

MA-15	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	982,00	6,38%	12,45%	3838,30	5,85%	18,72%
Cs2	409,10	2,66%	5,19%	653,40	1,00%	3,19%
Cs3	2578,40	16,76%	32,69%	1588,70	2,42%	7,75%
Cs4	67,70	0,44%	0,86%	2252,90	3,43%	10,99%
Cc	398,70	2,59%	5,05%	2681,70	4,08%	13,08%
A. fotòfiles	471,10	3,06%	5,97%	1172,20	1,79%	5,72%
CH	2190,40	14,24%	27,77%	7.922,50	12,07%	38,64%
Ulvàcies	791,10	5,14%	10,03%	391,80	0,60%	1,91%
CS	402,50	2,62%	---	10898,10	16,60%	---
IP	7090,40	46,10%	---	34251,00	52,17%	---
L. prospectada (m)	15381	---	---	65651	---	---

**Figura 46.** Cartografia de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-15 a Mallorca.

MA-16 (Fig. 35 i taula 53)

Localitzada al sud-oest de l'illa té una longitud de 32 km (14 km prospectats el 2006) i la major part pertany al municipi de Calvià. No presenta cap nucli de població, encara que està plena d'urbanitzacions. S'hi troben port Portals i el port de Calanova. La costa sorrenca constitueix gairebé el 20% de la seva longitud total. La costa rocosa presenta una comunitat dominada per *Cystoseira stricta* a les petites plataformes que es troben al llarg de la seva extensió. Aquesta comunitat es veu substituïda per una comunitat dominada per *Corallina-Halimnion* a les zones de substrat artificial, com

els dies exteriors dels ports, així com a les zones de petits penya-segats (més del 12%). Es tracta d'una massa d'aigua en un estat ecològic *Molt bo*, amb un valor d'EQR (0,91) similar al de 2006 (0,96).

Taula 53. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua MA-16.

MA-16	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	690,70	2,17%	3,64%
Cs2	351,80	2,44%	3,80%	532,10	1,67%	2,80%
Cs3	---	---	---	5027,40	15,80%	26,46%
Cs4	4160,30	28,90%	44,94%	8078,80	25,39%	42,52%
Cs5	3589,00	24,93%	38,77%	291,50	0,92%	1,53%
A. fotòfiles	---	---	---	90,50	0,28%	0,48%
CH	1155,70	8,03%	12,49%	3887,50	12,22%	20,46%
Ulvàcies	---	---	---	400,30	1,26%	2,11%
CS	735,20	5,11%	---	6298,10	19,79%	---
IP	4404,40	30,59%	---	6525,40	20,51%	---
L. prospectada (m)	14396	---	---	31822	---	---

MENORCA

Es tracta d'una illa on les dues ciutats més importants són costaneres. D'aquestes, la seva capital, Maó, és un gran port natural que per ell mateix constitueix una massa d'aigua independent. El litoral de l'illa es troba dividit en 5 masses d'aigua, de les quals una d'elles, la ME-1, es troba a la seva vegada dividida en tres sectors (A, B i C; veure taula 54).

Taula 54. Nom, delimitació i extensió de les masses d'aigua (MA) i sectors de costa definits a Menorca.

MENORCA			
MA	Sectors		Long. MA (km)
ME-1	A	Cap de Bajolí – Cap de Fornells	80,0
	B	Es Morter – Punta des Clot	103,4
	C	Cala St. Esteve – Punta Prima	12,1
ME-2	-	Badia de Fornells	20,1
ME-3	-	Port de Maó	25,4
ME-4	-	Punta Prima – Punta na Pruna	69,1
ME-5	-	Punta na Pruna – Cap de Bajolí	43,1

A la figura 47 es presenten les categories de comunitats trobades a cadascun dels sectors de costa de Menorca. Destaca el percentatge que ocupa el tram no avaluat de la massa d'aigua ME-3 que correspon a l'interior del port de Maó. A la resta dels sectors el percentatge de costa no avaluada (PI i CS) és menor, encara que a ME-1B supera el 20%.

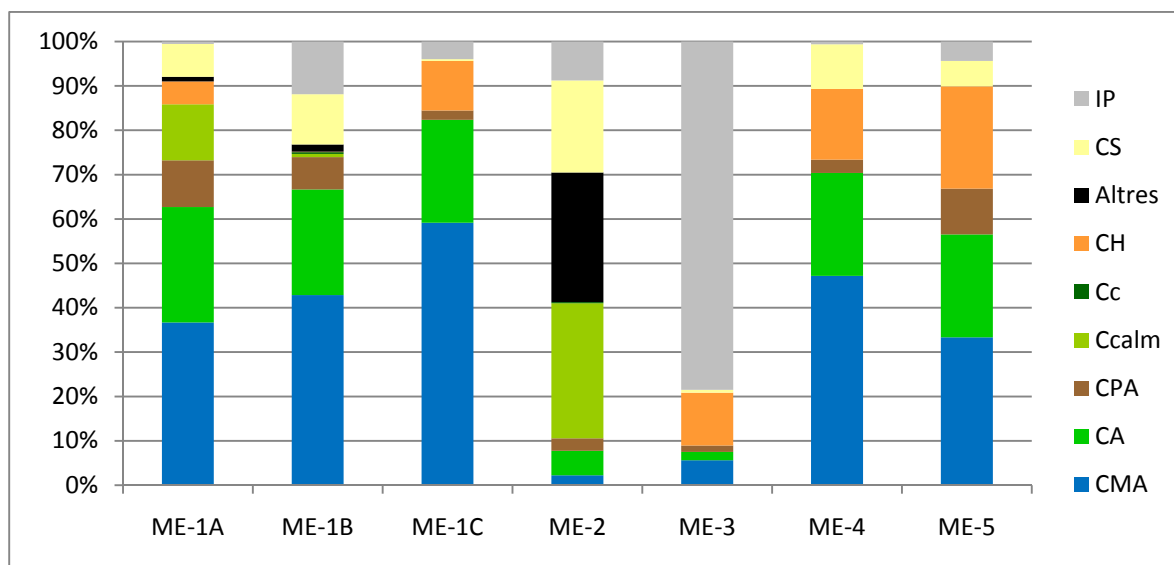


Figura 47. Resultats per a cada sector de costa a l'illa de Menorca.

A la figura 48 s'han eliminat les dues categories de costa no avaluada (IP i CS), representant-se només l'ocupació de les comunitats algals presents al litoral menorquí per a cada sector de costa. És important destacar que aquests percentatges d'ocupació no són representatius de tota la massa en el cas del port de Maó (ME-3), ja que les zones no avaluades que s'han eliminat, suposen el 78% del total. S'observa que el percentatge d'ocupació de les comunitats dominades per espècies del gènere *Cystoseira* superen el 70%, excepte a ME-3 (port de Maó), on l'ocupació no arriba al 45%, i a ME-2 (badia de Fornells), que està ben conservada (més del 40% són comunitats de *Cystoseira* de zones calmades) però presenta particularitats naturals que fan que l'ocupació sigui del 60%. Una altra comunitat àmpliament representada és la dominada per *Corallina*, que es troba molt desenvolupada a les masses d'aigua ME-3, amb més del 55%, i a ME-5 amb un 25%. Aquestes dues masses es corresponen amb les zones on es localitzen els majors nuclis urbans de l'illa, Maó i Ciutadella respectivament.

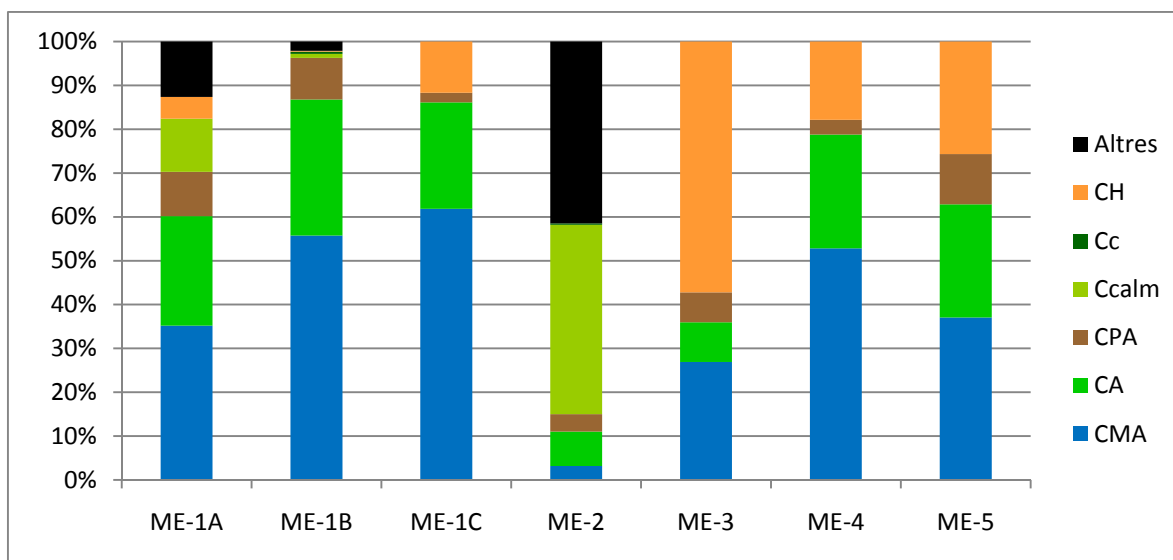


Figura 48. Percentatge d'ocupació de les diferents comunitats algals per a cada sector de costa a Menorca.

MASSES D'AIGUA

A continuació es descriuen les comunitats algals trobades a cadascun dels sectors o masses d'aigua (prospectats en la seva totalitat l'any 2009).

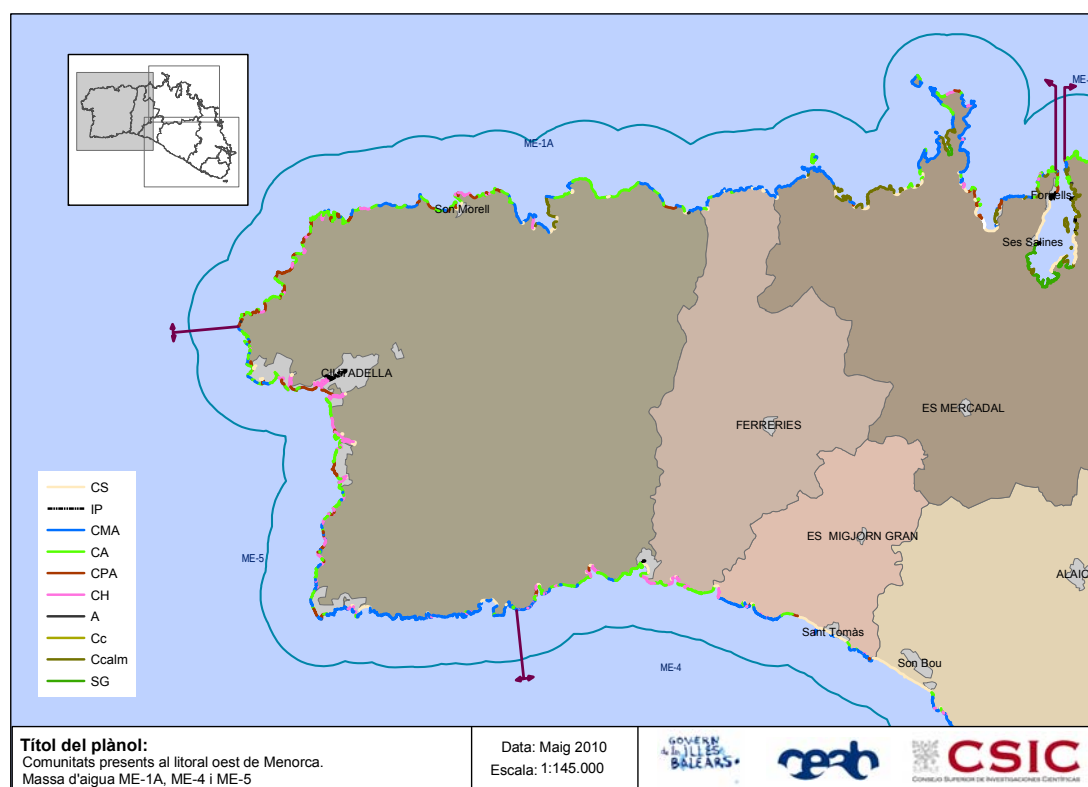
ME-1A (Fig. 49 i taula 55)

Situat al nord nord-oest de l'illa té una longitud de 80 km (24 km prospectats el 2006) i pertany als municipis de Ciutadella, Ferreries i es Mercadal. És una zona molt poc poblada i sense edificacions a primera línia de costa.

Es tracta d'una costa agresta, amb penya-segats mitjos, on es distribueixen una sèrie de petites cales, que en el seu conjunt ocupen el 7% del litoral. Les comunitats dels trams més verticals de les zones de penya-segat estan dominades per *Corallina-Halimnion*. Mentre que a les zones amb plataformes es desenvolupa una comunitat dominada per *Cystoseira stricta* (principalment Cs3 i Cs4). A les zones protegides orientades cap a l'oest dominen espècies de *Cystoseira* de mode calmat (més del 12%). El seu estat ecològic és de *Molt bo* i ha obtingut el mateix valor d'EQR (0,97) els dos anys prospectats.

Taula 55. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa ME-1A.

ME-1A	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	2121,20	8,92%	9,14%	1988,80	2,49%	2,70%
Cs2	717,20	3,02%	3,09%	6429,50	8,04%	8,73%
Cs3	9100,50	38,27%	39,23%	20806,70	26,02%	28,27%
Cs4	5599,20	23,54%	24,14%	25170,60	31,48%	34,20%
Cs5	2727,70	11,47%	11,76%	4161,10	5,20%	5,65%
Ccalm	2196,50	9,24%	9,47%	10093,40	12,62%	13,71%
CH	733,40	3,08%	3,16%	4138,60	5,18%	5,62%
Ulvàcies	---	---	---	119,60	0,15%	0,16%
Fanerog	---	---	---	698,90	0,87%	0,95%
CS	585,60	2,46%	---	5922,10	7,41%	---
IP	---	---	---	424,30	0,53%	---
L. prospectada (m)	23781	---	---	79954	---	---

**Figura 49.** Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa ME-1A, MA-4 i ME-5 a Menorca.**ME-1B** (Fig. 50 i taula 56)

Localitzat al nord-est i est de l'illa té una longitud de 101 km (11 km prospectats el 2006) i pertany als municipis d'es Mercadal i Maó. S'hi troben diverses urbanitzacions i el port d'Addaia. Les poblacions més importants són Macaret, Addaia i es Grau. El tram més pròxim a la badia de Fornells és el més urbanitzat. És un sector de costa irregular i escarpat, en els indrets més verticals del qual s'hi desenvolupen individus aïllats (Cs1) i poblacions esparses de *Cystoseira stricta* (Cs2), que formen

taques més denses (Cs3) a les zones on la costa forma plataformes horitzontals. La part central es troba esquitxat de petites cales entre les quals hi ha penya-segats baixos amb una comunitat on domina *Cystoseira stricta* (Cs5). El tram més proper a Maó presenta una costa més horitzontal, on es desenvolupen poblacions denses de *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5). Presenta un estat ecològic *Molt bo*, amb un valor d'EQR de gairebé 1 als dos anys de mostreig.

Taula 56. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa ME-1B.

ME-1B	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	1176,00	1,17%	1,52%
Cs2	221,00	2,05%	2,21%	6173,00	6,13%	7,97%
Cs3	1758,90	16,34%	17,60%	24019,40	23,83%	31,03%
Cs4	5986,60	55,61%	59,90%	34300,50	34,04%	44,30%
Cs5	243,00	2,26%	2,43%	8874,20	8,81%	11,46%
Ccalm	1785,10	16,58%	17,86%	702,70	0,70%	0,91%
Cc	---	---	---	404,20	0,40%	0,52%
A. fotòfiles	---	---	---	1647,00	1,63%	2,13%
CH	---	---	---	122,40	0,12%	0,16%
CS	713,00	6,62%	---	11411,20	11,32%	---
IP	57,00	0,53%	---	11948,70	11,86%	---
L. prospectada (m)	10765	---	---	100779	---	---

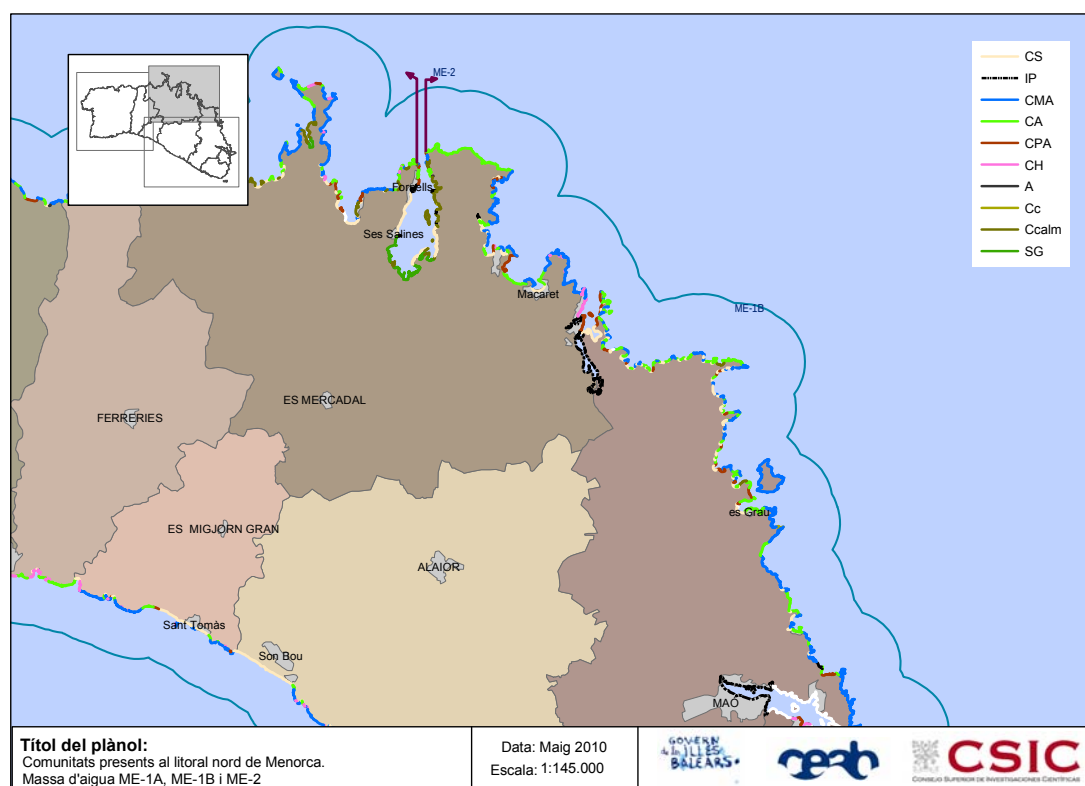


Figura 50. Cartografia de les comunitats presents al sector de costa ME-1B i ME-2 a Menorca.

ME-1C (Fig. 51 i taula 57)

Localitzat al sud de Maó té una longitud de 12 km (8 km prospectats el 2006) i pertany als municipis d'es Castell i Sant Lluís. S'hi troba la població de la cala Sant Esteve, amb el seu port i el de S'Algar, i un parell d'urbanitzacions. És una zona de penya-segats baixos, amb plataformes extenses, on domina *Cystoseria* (Cs4 i Cs5), que forma taques (Cs3) a les zones més verticals. Al sud del nucli de s'Algar la costa es torna més vertical, i la comunitat de *Cystoseira* es veu substituïda per *Corallina-Halimnion*. És un sector de costa amb un estat ecològic *Molt bo*, amb un valor d'EQR (1) que s'ha mantingut constant en els dos anys de mostreig.

Taula 57. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa ME-1C.

ME-1C	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs2	360,80	4,78%	4,87%	253,40	2,09%	2,19%
Cs3	1147,60	15,20%	15,49%	2807,30	23,19%	24,25%
Cs4	2971,90	39,35%	40,10%	4396,10	36,32%	37,97%
Cs5	1884,00	24,95%	25,42%	2766,00	22,85%	23,89%
A. fotòfiles	138,40	1,83%	1,87%	---	---	---
CH	814,00	10,78%	10,98%	1354,40	11,19%	11,70%
Ulvàcies	94,30	1,25%	1,27%	---	---	---
CS	46,80	0,62%	---	46,80	0,39%	---
IP	93,90	1,24%	---	480,50	3,97%	---
L. prospectada (m)	7552	---	---	12105	---	---

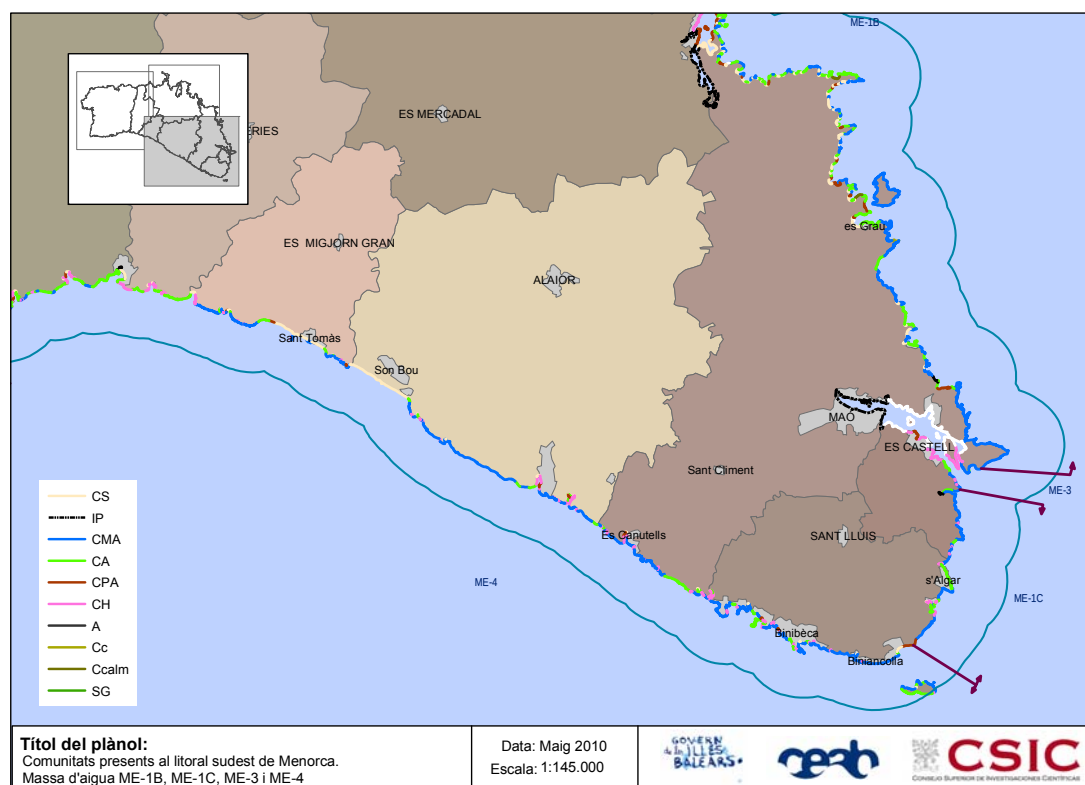


Figura 51. Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa ME-1C, ME-3 i ME-4 a Menorca.

ME-2 (Fig. 50 i taula 58)

Aquesta massa d'aigua del nord de l'illa, s'estén al llarg dels 20 km (6 km prospectats el 2006) de la badia de Fornells, i pertany al municipi d'es Mercadal. S'hi localitzen les poblacions de Fornells i Ses Salines, malgrat que no és una zona molt urbanitzada.

El fons de la badia es troba ocupat gairebé en la seva totalitat per una comunitat dominada per la fanerògama marina *Cymodocea nodosa*, acompanyada per espècies del gènere *Cystoseira* de mode calmat. A banda i banda de la badia s'estén una àmplia zona ocupada en la seva totalitat per costa sorrenca. Prop de la boca de la badia, la costa es torna rocosa i abunden les espècies de *Cystoseira* de mode calmat. La presència d'aquestes espècies indica el bon estat de conservació de la massa d'aigua, en tractar-se d'espècies molt sensibles a les pertorbacions humanes. Presenta un estat ecològic *Molt bo* amb el mateix valor d'EQR (1) pels dos anys prospectats.

Taula 58. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua ME-2.

ME-2	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs2	932,70	16,00%	18,92%	564,00	2,80%	3,97%
Cs3	1591,30	27,31%	32,27%	1114,60	5,53%	7,84%
Cs4	511,30	8,77%	10,37%	452,40	2,24%	3,18%
Ccalm	1313,00	22,53%	26,63%	6141,30	30,45%	43,19%
Cc	48,60	0,83%	0,99%	48,60	0,24%	0,34%
A. fotòfiles	---	---	---	110,10	0,55%	0,77%
Fanerog	533,70	9,16%	10,82%	5787,10	28,70%	40,70%
CS	---	---	---	4181,40	20,73%	---
IP	897,20	15,40%	---	1771,00	8,78%	---
L. prospectada (m)	5828	---	---	20171	---	---

ME-3 (Fig. 51 i taula 59)

Localitzada al sud-est de l'illa, té una longitud de 36 km (25 km prospectats el 2006) i pertany als municipis d'es Castell i Maó, que presenten els seus nuclis urbans a la costa. A més hi ha moltes urbanitzacions que converteixen la zona en la més poblada de Menorca. Es tracta d'una *massa d'aigua molt modificada*, on el port de Maó ocupa més del 28% a la part més interior. A la costa rocosa situada a banda i banda de la badia, aquest any s'ha trobat la roca nua, sense les comunitats algals fotòfiles que es van trobar en el mostreig del 2006. Això es pot deure a l'elevada presència de l'equinoderm *Paracentrotus lividus* que ha pasturat sobre aquesta comunitat. Aquests 18 km de costa no s'han inclòs en el percentatge d'ocupació avaluat (parcial) per quedar dins de la zona molt modificada. Per tant, un 78% de la massa ha quedat sense avaluar (IP, CS i Res). Prop de la sortida de la badia, a les parets més verticals, es desenvolupa una comunitat dominada per *Corallina elongata* i només s'hi troben comunitats de *Cystoseira* a la sortida de la badia i a la cala Sant Esteve. L'estat ecològic d'aquesta

massa d'aigua és Bo, amb uns valors d'EQR que s'han mantingut gairebé constant els dos anys de mostreig (0,72 el 2009 i 0,70 el 2006).

Taula 59. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua ME-3.

ME-3	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	510,90	1,43%	6,84%
Cs2	70,40	0,28%	0,49%	676,30	1,89%	9,05%
Cs3	330,60	1,34%	2,31%	1177,70	3,89%	15,77%
Cs4	894,90	3,62%	6,26%	832,40	2,33%	11,14%
Cs5	97,00	0,39%	0,68%	---	---	---
Cc	475,20	1,92%	3,32%	4272,50	11,93%	57,20%
A. fotòfiles	5630,50	22,78%	39,38%	---	---	---
CH	3254,00	13,17%	22,76%	---	---	---
<i>Lithophyllum</i>	1996,50	8,08%	13,96%	---	---	---
Fanerog	1550,30	6,27%	10,84%	---	---	---
Res	---	---	---	17917,70	50,05%	---
CS	222,90	0,90%	---	222,90	0,62%	---
IP	10191,70	41,24%	---	10191,70	28,47%	---
L. prospectada (m)	24714	---	---	35802	---	---

ME-4 (Fig. 49 i 51 i taula 60)

Localitzada al sud de l'illa té una longitud de 69 km (21 km prospectats el 2006) i pertany als municipis de Sant Lluís, Maó, Alaior, es Migjorn Gran, Ferreries i Ciutadella. S'hi troben les poblacions de Biniancolla, Sant Tomàs, son Bou i moltes urbanitzacions. És una zona bastant poblada i turística. És una massa majoritàriament rocosa, amb només un 10% de costa sorrenca, que es distribueix principalment en dues grans platges. La costa és heterogènia, amb trams de costa baixa i plataformes més o menys extenses, on es desenvolupa una comunitat dominada per *Cystoseira stricta*, juntament amb trams de costa més verticals, d'alçada mitjana on domina *Corallina-Haliptilon*. Presenta un estat ecològic *Molt bo*, amb valors d'EQR similars pel 2009 (0,95) i el 2006 (0,93).

Taula 60. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua ME-4.

ME-4	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	739,10	3,58%	4,18%	488,90	0,71%	0,79%
Cs2	1100,70	5,33%	6,22%	1577,90	2,28%	2,56%
Cs3	4152,60	20,10%	23,48%	16041,50	23,20%	25,98%
Cs4	7718,80	37,37%	43,64%	28611,90	41,38%	46,33%
Cs5	1577,80	7,64%	8,92%	4004,80	5,79%	6,48%
Cc	148,40	0,72%	0,84%	---	---	---
CH	2249,70	10,89%	12,72%	11030,60	15,95%	17,86%
CS	2148,90	10,40%	---	6964,60	10,07%	---
IP	819,40	3,97%	---	421,40	0,61%	---
L. prospectada (m)	20655	---	---	69142	---	---

ME-5 (Fig. 49 i taula 61)

Situada al sud-oest de Menorca té una longitud de 43 km (10 km prospectats el 2006) i pertany al municipi de Ciutadella, que conté la segona població més important de l'illa, a més de diverses urbanitzacions. S'hi troben els ports de la Marina, de cala en Bosch i de Ciutadella.

La morfologia de la costa canvia segons la seva orientació al llarg de trams més o menys extensos. Als trams orientats al sud s'hi troba una costa baixa, amb nombroses plataformes, on es desenvolupa una comunitat dominada per *Cystoseira stricta* (Cs5). Als trams orientats a l'oest, s'hi troba una costa amb penya-segats mitjos, molt vertical, on es desenvolupa una comunitat dominada per *Corallina elongata*. A la zona de Ciutadella domina *Corallina elongata* a ambdós costats de la bocana del port, indicant una lleugera degradació. Es tracta per tant d'una massa d'aigua lleugerament alterada per la presència del port de Ciutadella. Presenta un estat ecològic *Molt bo* amb un valor d'EQR per 2009 (0,86) similar al de 2006 (0,91).

Taula 61. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua ME-5.

ME-5	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	180,70	1,78%	1,79%	1467,80	3,41%	3,79%
Cs2	691,30	6,81%	6,84%	2965,70	6,89%	7,66%
Cs3	3927,70	38,71%	38,87%	9994,10	23,21%	25,81%
Cs4	3179,40	31,34%	31,46%	10590,60	24,60%	27,36%
Cs5	927,20	9,14%	9,18%	3760,20	8,73%	9,71%
CH	1131,70	11,16%	11,20%	9936,00	23,08%	25,66%
Ulvàcies	67,40	0,66%	0,67%	---	---	---
CS	39,90	0,39%	---	2466,10	5,73%	---
IP	---	---	---	1877,10	4,36%	---
L. prospectada (m)	10145	---	---	43058	---	---

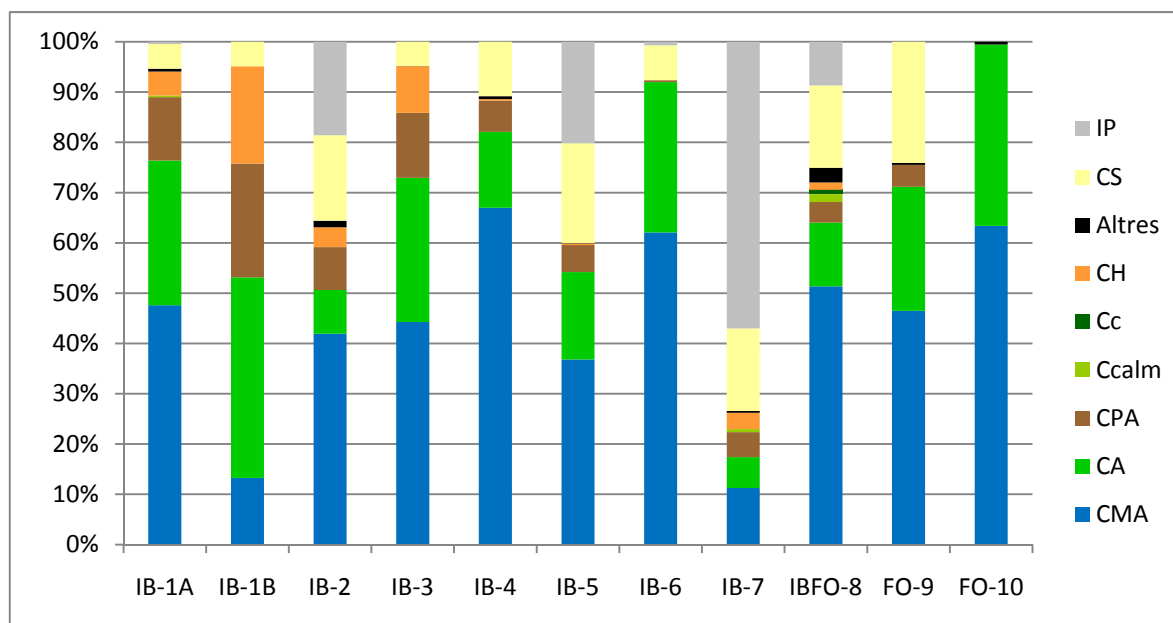
EIVISSA I FORMENTERA

A aquestes illes les pressions antròpiques són escasses, concentrant-se principalment als principals nuclis urbans i turístics d'Eivissa, Santa Eulària i a Sant Antoni de Portmany. El litoral de l'illa es troba dividit en 10 masses d'aigua, de les quals una d'elles, la IB-1, es troba a la vegada dividida en dos sectors (taula 62).

Taula 62. Nom, delimitació i extensió de les masses d'aigua (MA) i sectors de costa definits a les illes Pitiüses.

EIVISSA I FORMENTERA			
MA	Sectors	Delimitació	Long. MA (km)
IB-1	A	Punta des Jondal – Pta sa Pedrera	77,4
	B	Cap Negret – Cap des Mossons	21,3
IB-2	-	Badia de Sant Antoni	17,2
IB-3	-	Cap des Mossons – Punta Grossa	62,0
IB-4	-	Punta Grossa – Cala Llenya	23,2
IB-5	-	Cala Llenya – Punta Blanca	25,6
IB-6	-	Punta Blanca – Punta des Andreus	19,0
IB-7	-	Punta des Andreus – Pta de sa Mata	26,7
IBFO-8	-	Els Freus d'Eivissa i Formentera	87,0
FO-9	-	Pta. sa Gavina – Pta. ses Pesqueres	26,6
FO-10	-	Pta ses Pesqueres – Pta ses Pedreres	14,9

A la figura 52 es presenten les categories de les comunitats trobades per a cada sector de costa a Eivissa i Formentera. S'aprecia que a Sant Antoni (IB-2), Santa Eulària (IB-5) i Eivissa (IB-7) el percentatge de costa sorrenca i interior de ports és superior al 35% (gairebé de 75% en el cas d'Eivissa). A la resta dels sectors, el percentatge d'aquestes dues categories (no avaluades) és menor.

**Figura 52.** Resultats per a cada sector de costa a les illes Pitiüses.

A la figura 53 s'han eliminat aquestes dues categories, representant-se només l'ocupació de les comunitats algaes. Destaca que el percentatge d'ocupació de les comunitats dominades per espècies del gènere *Cystoseira* és gairebé sempre major al 90%. L'excepció són els sectors IB-1B i IB-7 on la comunitat de *Corallina-Haliptilon* arriba pràcticament al 20%.

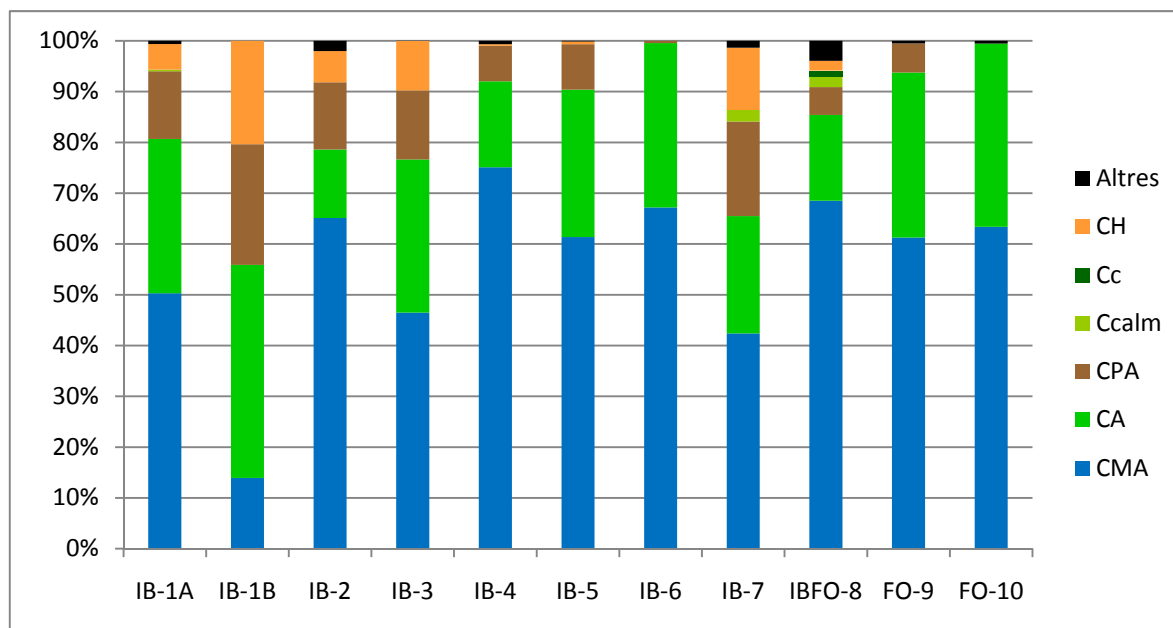


Figura 53. Percentatge d'ocupació de les diferents comunitats algals a cada sector de costa a les illes Pitiüses.

MASSES D'AIGUA

A continuació es descriuen les comunitats algals trobades a cadascun dels sectors o masses d'aigua (prospectats en la seva totalitat el 2009).

IB-1A (Fig. 54 i taula 63)

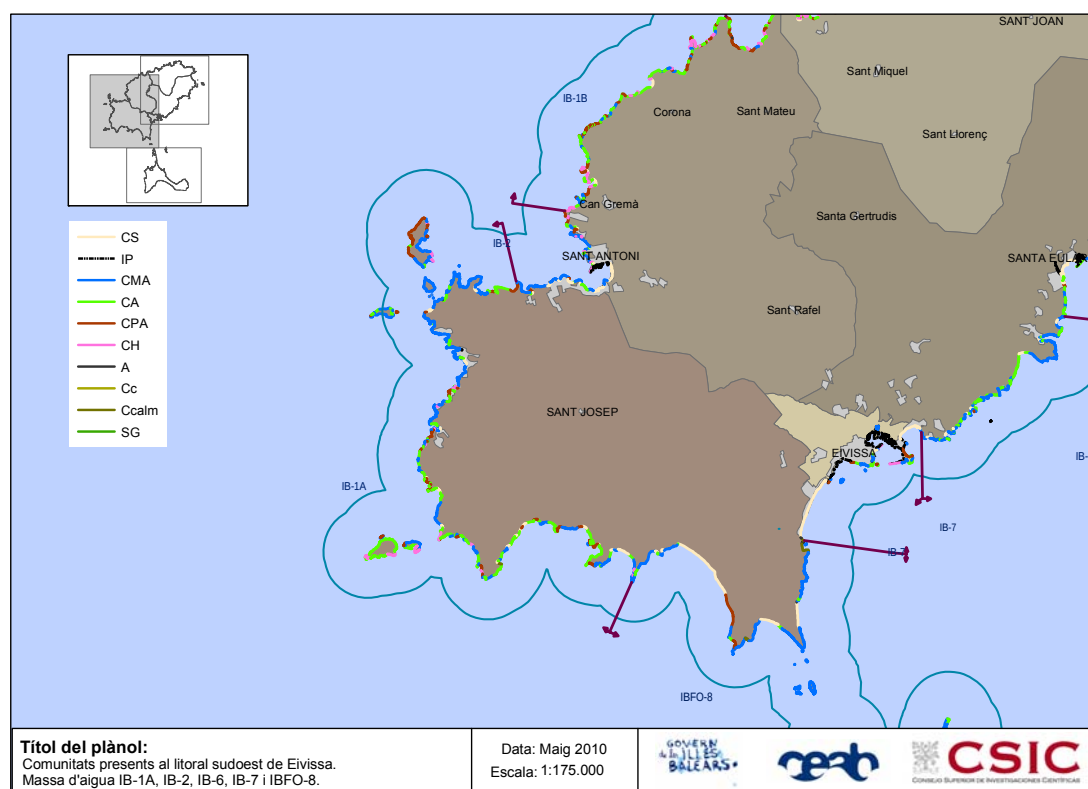
Localitzat al sud-oest de l'illa d'Eivissa, té una longitud de 78 km (31 km prospectats el 2006), i pertany al municipi de Sant Josep. S'hi troben els nuclis de població d'es Cubells i varies urbanitzacions, especialment a la part nord de la massa d'aigua, que fa frontera amb la massa d'aigua de la ciutat de Sant Antoni.

Menys del 5% de la seva longitud està ocupada per costa sorrenca. La costa rocosa té una alçada mitjana, i a la seva base s'estenen plataformes permetent que es desenvolupi una comunitat dominada per *Cystoseira* (Cs3 o Cs4). En els punts on la costa és vertical, es desenvolupa una comunitat dominada per *Corallina elongata*, on poden aparèixer individus aïllats de *Cystoseira* (Cs1 i Cs2).

Es tracta d'una massa d'aigua en estat *Molt bo*, amb un valor d'EQR (0,98) similar a l'obtingut en el 2006 (0,96).

Taula 63. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa IB-1A.

IB-1A	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	821,20	2,67%	2,77%	3534,80	4,55%	4,81%
Cs2	1498,20	4,88%	5,05%	6266,60	8,08%	8,53%
Cs3	9895,10	32,21%	33,34%	22315,90	28,76%	30,38%
Cs4	10437,10	33,97%	35,16%	34418,50	44,35%	46,85%
Cs5	3982,50	12,96%	13,42%	2531,40	3,26%	3,45%
Ccalm	---	---	---	243,20	0,31%	0,33%
A. fotòfiles	---	---	---	375,90	0,48%	0,51%
CH	3037,60	9,89%	10,23%	3702,10	4,77%	5,04%
Ulvàcies	9,80	0,03%	0,03%	77,90	0,10%	0,11%
CS	561,10	1,83%	---	3.804,60	4,90%	---
IP	478,10	1,56%	---	333,10	0,43%	---
L. prospectada (m)	30721	---	---	77604	---	---

**Figura 54.** Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa IB-1A, IB -2, IB-6, IB-7 i IBFO-8 a Eivissa.**IB-1B** (Fig. 55 i taula 64)

Situat a l'oest de l'illa té una longitud de 21 km (10 km prospectats el 2006) i pertany al municipi de Sant Antoni. És una zona molt poc poblada, on només s'hi troben un parell d'urbanitzacions.

Es tracta de costa alta, amb trams verticals on es desenvolupa una comunitat dominada per *Corallina-Halimtilon*, i on als llocs més propicis es desenvolupen individus aïllats de *Cystoseira* (Cs1) o poblacions esparses (Cs2). A la base dels penya-segats és freqüent trobar blocs mètrics disposats de tal manera que es pot desenvolupar una comunitat de *Cystoseira* (Cs3 i Cs4).

És un sector en un estat ecològic *Molt bo*, amb un valor d'EQR (0,85) sensiblement més baix que l'obtingut el 2006 (0,91).

Taula 64. Ocupació total i parcial de les comunitats presents al sector de costa IB-1B.

IB-1B	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud	O. total	O. parcial	Longitud	O. total	O. parcial
Cs1	120,20	1,19%	1,24%	1566,50	7,37%	7,74%
Cs2	318,70	3,16%	3,29%	3195,00	15,03%	15,79%
Cs3	3146,30	31,20%	32,44%	8398,20	39,52%	41,52%
Cs4	3626,90	35,97%	37,40%	2478,40	11,66%	12,25%
Cs5	701,70	6,96%	7,24%	312,30	1,47%	1,54%
A. fotòfiles	---	---	---	202,40	0,95%	1,00%
CH	1783,60	17,69%	18,39%	4075,60	19,18%	20,15%
CS	385,70	3,83%	---	1022,40	4,81%	---
L. prospectada (m)	10083	---	---	21251	---	---

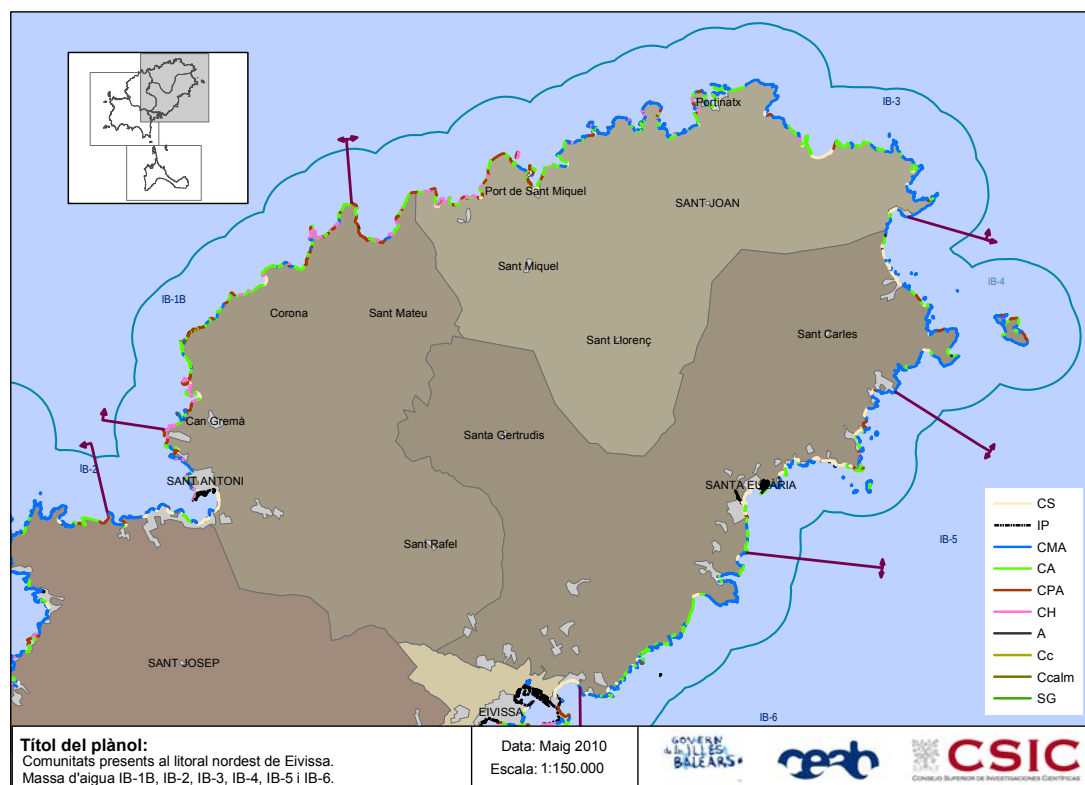


Figura 55. Cartografia de les comunitats presents als sectors de costa IB-1B, IB-2, IB-3, IB-4, IB-5 i IB-6 a Eivissa.

IB-2 (Fig. 55 i taula 65)

Localitzada a l'oest de l'illa d'Eivissa pertany als municipis de Sant Antoni de Portmany i Sant Josep, i té una longitud de 17 km (16 km prospectats el 2006), on es situa l'important nucli de població de Sant Antoni.

Es tracta d'una costa rocosa baixa, amb plataformes on es desenvolupa una comunitat dominada per *Cystoseira* (Cs4 i Cs5). A les estructures artificial dels ports i a les zones verticals, es troben una comunitat dominada per *Corallina elongata* i poblacions de *Cystoseira stricta* amb diferent grau de desenvolupament (Cs1, Cs2 i Cs3). Es tracta d'una massa d'aigua en un estat *Molt bo*, amb un valor d'EQR (0,98) similar a l'obtingut el 2006 (1).

Taula 65. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IB-2.

IB-2	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	783,80	4,55%	7,07%
Cs2	432,50	2,75%	5,09%	686,90	3,99%	6,19%
Cs3	552,90	3,52%	6,51%	1493,50	8,67%	13,47%
Cs4	1347,80	8,58%	15,87%	3539,70	20,56%	31,91%
Cs5	5082,50	32,35%	59,86%	3683,50	21,39%	33,21%
A. fotòfiles	---	---	---	179,10	1,04%	1,61%
Co	468,70	2,98%	5,52%	681,40	3,96%	6,14%
Ulvàcies	606,60	3,86%	7,14%	43,20	0,25%	0,39%
CS	2527,70	16,09%	---	2925,00	16,99%	---
IP	4689,80	29,85%	---	3202,60	18,60%	---
L. prospectada (m)	15709	---	---	17219	---	---

IB-3 (Fig. 55 i taula 66)

Aquesta massa d'aigua es troba al nord de l'illa d'Eivissa, i té una extensió de 62 km (10 km prospectats el 2006). Pertany al municipi de Sant Joan, excepte una petita part que pertany a Sant Antoni. S'hi troba la població de Portinatx, Sant Vicenç de sa Cala i algunes urbanitzacions.

Segons la morfologia de la costa, la massa d'aigua es pot dividir en dos trams. A la part oest de la massa, la costa és vertical, amb penya-segats relativament alts, desenvolupant-se una comunitat dominada per *Corallina-Halimnion*, i on també es troben poblacions poc denses (Cs2) i individus aïllats de *Cystoseria* (Cs1). A la part est, la costa és més baixa amb plataformes a la base, on hi domina la comunitat *Cystoseira* (Cs4 i Cs5). L'estat ecològic és *Molt bo*, amb un valor d'EQR (0,96) similar a l'obtingut el 2006 (0,99).

Taula 66. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IB-3.

IB-3	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	475,20	4,66%	4,80%	1476,80	2,38%	2,50%
Cs2	466,50	4,57%	4,71%	6534,40	10,54%	11,07%
Cs3	2712,40	26,59%	27,40%	17796,90	28,70%	30,15%
Cs4	4080,10	39,99%	41,21%	21445,60	34,58%	36,34%
Cs5	2166,60	21,24%	21,88%	5999,20	9,67%	10,16%
CH	---	---	---	5749,00	9,27%	9,74%
Ulvàcies	---	---	---	18,00	0,03%	0,03%
CS	142,00	1,39%	---	2996,50	4,83%	---
IP	159,60	1,56%	---	---	---	---
L. prospectada (m)	10202	---	---	62016	---	---

IB-4 (Fig. 55 i taula 67)

Aquesta massa d'aigua inclou l'illa de Tagomago i es situa al nord-est de l'illa d'Eivissa. Pertany al municipi de Sant Carles, i té una longitud de 23 km (10 km prospectats el 2006). S'hi troben les poblacions d'es Figueras i un parell d'urbanitzacions. Es tracta d'una costa rocosa baixa horitzontal, la qual cosa permet que gairebé el 90% estigui ocupada per *Cystoseira stricta*. L'estat ecològic és *Molt bo*, amb valors d'EQR similars per el 2009 (1) i per el 2006 (0,98).

Taula 67. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IB-4.

IB-4	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	257,30	2,64%	2,66%	---	---	---
Cs2	1150,80	11,81%	11,89%	1454,60	6,26%	7,02%
Cs3	3741,30	38,40%	38,66%	3504,40	15,08%	16,91%
Cs4	3708,20	38,06%	38,32%	10653,60	45,84%	51,40%
Cs5	818,60	8,40%	8,46%	4914,90	21,15%	23,71%
CH	---	---	---	63,50	0,27%	0,31%
Ulvàcies	---	---	---	137,40	0,59%	0,66%
CS	66,50	0,68%	---	2512,60	10,81%	---
L. prospectada (m)	9743	---	---	23241	---	---

IB-5 (Fig. 55 i taula 68)

Aquesta massa d'aigua es troba a l'est d'Eivissa, té orientació sud-est i una extensió de 26 km (20 km prospectats el 2006). Pertany al municipi de Sant Carles, on es troba la població de Santa Eulària, el port de la qual ocupa el 20% de la longitud de la massa d'aigua (no avaluada). Per altra banda, un altre 20% de costa és sorrenca i tampoc s'ha avaluat. La costa rocosa és baixa, amb moltes plataformes, el que permet el desenvolupament d'una comunitat dominada per *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5). L'estat és *Molt bo* amb un valor d'EQR d'1, que s'ha mantingut constant respecte el 2006.

Taula 68. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IB-5.

IB-5	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	59,10	0,29%	0,51%	1171,60	4,58%	7,64%
Cs2	243,90	1,20%	2,12%	202,60	0,79%	1,32%
Cs3	1709,30	8,41%	14,89%	4448,30	17,39%	29,00%
Cs4	4011,70	19,75%	34,94%	6594,30	25,78%	42,99%
Cs5	5428,50	26,72%	47,29%	2818,90	11,02%	18,38%
CH	---	---	---	81,40	0,32%	0,53%
Ulvàcies	27,60	0,14%	0,24%	20,50	0,08%	0,13%
CS	4284,50	21,09%	---	5075,50	19,85%	---
IP	4550,20	22,40%	---	5162,10	20,18%	---
L. prospectada (m)	20315	---	---	25575	---	---

IB-6 (Fig. 55 i taula 69)

Aquesta massa d'aigua està al sud-est de l'illa, i al nord de la ciutat d'Eivissa. Pertany al municipi de Sant Carles, i té una longitud de 19 km (13 km prospectats el 2006). Presenta varies urbanitzacions, però cap nucli urbà destacable. Es tracta d'una costa baixa, amb àmplies plataformes, on domina *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5). En zones amb blocs mètrics, el desenvolupament de *Cystoseira* es veu limitat a les parts horitzontals d'aquests (Cs3). És una massa d'aigua en un estat *Molt bo*, amb una valoració màxima d'EQR (1) els dos anys prospectats.

Taula 69. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IB-6.

IB-6	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	294,20	2,27%	2,70%	45,00	0,24%	0,26%
Cs2	358,90	2,77%	3,30%	31,20	0,16%	0,18%
Cs3	3025,70	23,37%	27,79%	5667,20	29,89%	32,36%
Cs4	3826,70	29,56%	35,15%	8774,90	46,28%	50,10%
Cs5	3381,00	26,12%	31,06%	2995,90	15,80%	17,11%
CS	277,40	2,14%	---	1315,20	6,94%	---
IP	1780,90	13,76%	---	131,10	0,69%	---
L. prospectada (m)	12945	---	---	18961	---	---

IB-7 (Fig. 54 i taula 70)

Aquesta massa d'aigua situada al sud sud-est de l'illa d'Eivissa, pertany al municipi del mateix nom, i té una extensió de 27 km (19 km prospectats el 2006). S'hi localitza la capital i és la zona més poblada de l'illa, trobant-s'hi el port més gran, el d'Eivissa, que ocupa el 57% de la longitud total. Gran part de la costa natural està ocupada per dues grans platges (més del 16% del total). La costa rocosa, presenta una comunitat dominada per *Cystoseira stricta*, trobant-se també exemplars de *Cystoseira balearica*. Presenta un estat *Molt bo*, que queda palès en el valor d'EQR obtingut els dos anys de mostreig (0,95 el 2009 i 0,93 el 2006).

Taula 70. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IB-7.

IB-7 Comunitat	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	434,50	1,63%	6,12%
Cs2	155,10	0,82%	2,77%	887,60	3,33%	12,51%
Cs3	1479,30	7,86%	26,42%	1637,70	6,14%	23,09%
Cs4	2399,70	12,75%	42,85%	2061,90	7,73%	29,07%
Cs5	467,90	2,49%	8,36%	945,40	3,54%	13,33%
Ccalm	---	---	---	162,00	0,61%	2,28%
CH	1060,30	5,63%	18,93%	867,90	3,25%	12,23%
Ulvàcies	37,70	0,20%	0,67%	96,80	0,36%	1,36%
CS	---	---	---	4380,90	16,42%	---
IP	13219,30	70,24%	---	15213,50	57,00%	---
L. prospectada (m)	18819	---	---	26688	---	---

IBFO-8 (Fig. 54 i 56 i taula 71)

Aquesta massa d'aigua engloba el sud de l'illa d'Eivissa i el nord de l'illa de Formentera, i s'inclou el parc natural de Ses Salines. Pertany als municipis de Sant Josep i Sant Francesc, i té una longitud de 87 km (13 prospectats el 2006). S'hi troben les poblacions de Sant Francesc, s'Estany, Sant Jordi de ses Salines i algunes urbanitzacions (a Eivissa), i de Sant Ferran de Ses Roques, Sant Francesc de Formentera i el port de la Savina (a Formentera).

La costa és baixa, amb plataformes horitzontals, que permeten la implantació d'una comunitat dominada per *Cystoseira stricta*, que en llocs més protegits es troba acompanyada d'espècies de *Cystoseira* de zones calmades (*Cystoseira crinita* i *Cystoseira balearica*). La presència d'aquestes dues espècies, juntament amb els amplis cinturons de *Cystoseira stricta* indica l'estat *Molt bo* de la massa d'aigua, amb un valor d'EQR d'1 els dos anys de mostreig.

Taula 71. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua IBFO-8.

IBFO-8 Comunitat	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	80,30	0,09%	0,12%
Cs2	577,30	4,41%	4,41%	3501,60	4,03%	5,37%
Cs3	1637,60	12,50%	12,50%	11002,20	12,65%	16,88%
Cs4	3040,00	23,20%	23,20%	20459,80	23,53%	31,39%
Cs5	5679,60	43,35%	43,35%	24217,70	27,85%	37,15%
Ccalm	787,00	6,01%	6,01%	1346,60	1,55%	2,07%
Cc	---	---	---	759,90	0,87%	1,17%
A. fotòfiles	1170,40	8,93%	8,93%	2496,60	2,87%	3,83%
CH	209,90	1,60%	1,60%	1262,60	1,45%	1,94%
Ulvàcies	---	---	---	62,10	0,07%	0,10%
CS	---	---	---	14220,40	16,35%	---
IP	---	---	---	7559,80	8,69%	---
L. prospectada (m)	13102	---	---	86970	---	---

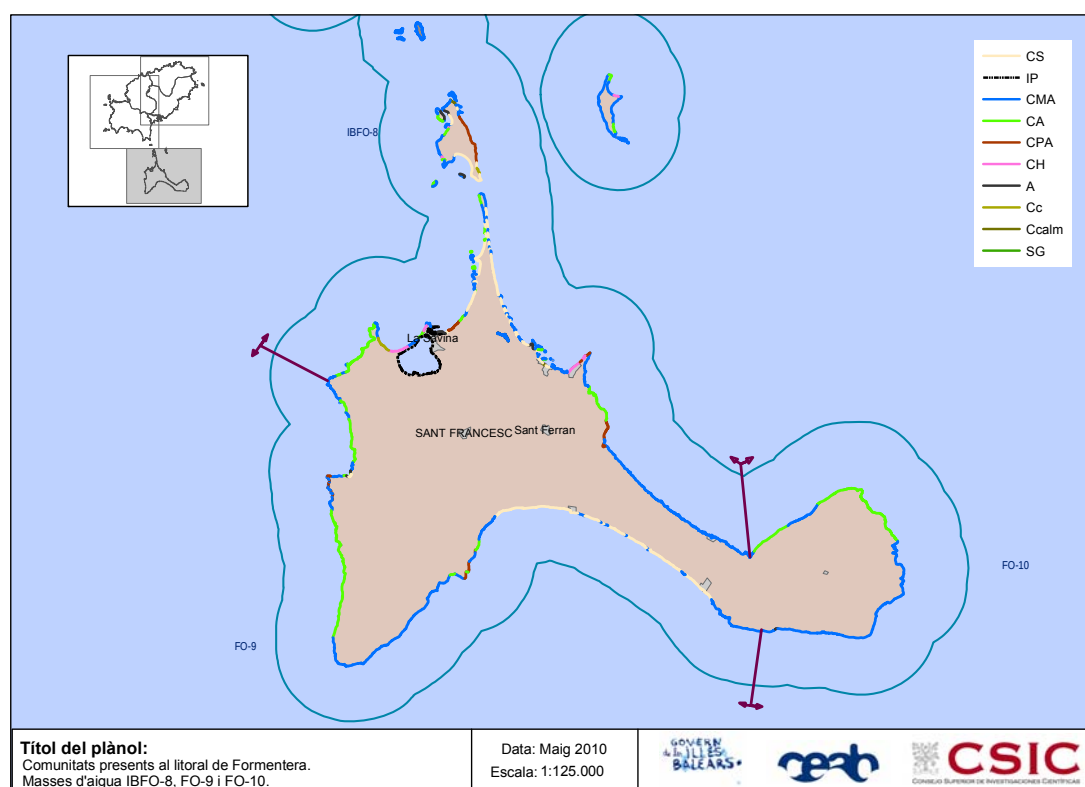


Figura 56. Cartografia de les comunitats presents a les masses d'aigua IBFO-8, FO-9 i FO-10 a Formentera.

FO-9 (Fig. 56 i taula 72)

Aquesta massa d'aigua correspon als extrems oest i sud de l'illa de Formentera, pertany al municipi de Sant Francesc, i té una extensió de 30 km (9 km prospectats el 2006). És una zona pràcticament despoblada i sense cap port.

Segons la morfologia de la costa la massa d'aigua es divideix en tres trams. El primer orientat a l'oest arriba fins al cap de Barbaria, i es tracta de costa alta i escarpada, on el desenvolupament de *Cystoseira stricta* es dona en les petites plataformes (Cs3). El segon tram, orientat cap a l'est, és de costa rocosa més baixa amb grans plataformes horitzontals que permeten el desenvolupament d'un extens cinturó de *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5). L'últim tram està orientat al sud-sud-oest, i es tracta d'una costa majoritàriament sorrenca, on es troben petites franges rocoses horitzontals en les quals es desenvolupa una comunitat de *Cystoseira*. Es troba en un estat *Molt bo*, amb un valor d'EQR gairebé constant als dos anys de mostreig (0,98 el 2009 i 1 el 2006).

Taula 72. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua FO-9.

FO-9	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud	O. total	O. parcial	Longitud	O. total	O. parcial
Cs1	---	---	---	105,50	0,36%	0,47%
Cs2	372,90	4,11%	4,25%	1183,10	4,00%	5,27%
Cs3	4337,30	47,76%	49,48%	7303,40	24,67%	32,50%
Cs4	3433,30	37,80%	39,16%	9079,10	30,67%	40,40%
Cs5	412,60	4,54%	4,71%	4685,80	15,83%	20,85%
CH	210,50	2,32%	2,40%	---	---	---
Ulvàcies	---	---	---	114,10	0,39%	0,51%
CS	261,00	2,87%	---	7131,10	24,09%	---
IP	54,40	0,60%	---	---	---	---
L. prospectada (m)	9082	---	---	29602	---	---

FO-10 (Fig. 56 i taula 73)

Aquesta massa d'aigua ocupa l'est de l'illa de Formentera on es troba la població d'El Pilar de la Mola. Pertany al municipi de Sant Francesc i té una extensió de 15 km (9 km prospectats el 2006). És una zona molt poc poblada i sense cap port.

La totalitat de la massa d'aigua presenta una costa rocosa principalment formada per grans penya-segats, a la base d'aquests hi ha plataformes horitzontals que permeten el desenvolupament d'una comunitat dominada per *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5, amb pràcticament un 65% d'ocupació). Es troba en un estat *Molt bo*, amb un valor d'EQR de gairebé 1 als dos anys de mostreig.

Taula 73. Ocupació total i parcial de les comunitats presents a la massa d'aigua FO-10.

FO-10	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs3	4911,60	55,03%	55,03%	5390,30	36,07%	36,07%
Cs4	2836,20	31,78%	31,78%	7089,90	47,44%	47,44%
Cs5	1177,20	13,19%	13,19%	2383,90	15,95%	15,95%
Ulvàcies	---	---	---	80,20	0,54%	0,54%
L. prospectada (m)	8925	---	---	14944	---	---

Estat ecològic del litoral balear: l'índex EQR

A la taula 74 es presenten els valors d'EQR, obtinguts mitjançant la metodologia CARLIT, que corresponen als llindars entre les cinc categories d'estat ecològic proposades per la DMA.

Taula 74. Valors dels llindars d'EQR per a establir els estats ecològics.

EQR	Alteració	Estat Ecològic
>0,75 – 1,00	Inexistent o molt petita	Molt bo
>0,60 - 0,75	Lleugera	Bo
>0,40 - 0,60	Moderada	Moderat
>0,25 - 0,40	Gran	Deficient
0,0 - 0,25	Aguda	Dolent

A la taula 75 i a les figures 57, 58 i 59 es presenten els valors d'EQR obtinguts als diferents sectors de costa per a les diferents illes. S'aprecia que als dos anys de mostreig no hi ha hagut canvis significatius. Dels 36 sectors de costa avaluats, cap es troba en risc d'incompliment, 33 presenten un estat ecològic *Molt bo* i 3 un estat ecològic *Bo*.

Només una massa d'aigua, la MA-4 (badia de Sóller), ha canviat de categoria passant de *Molt bo* el 2006 (amb un EQR de 0,86) a *Bo* el 2009 (amb un EQR de 0,71). Aquesta diferència no es pot explicar per un augment de la longitud de costa mostrejada, doncs el 2006 es va prospectar un 91% de la massa d'aigua. El canvi de les comunitats presents podria estar relacionat amb les obres d'ampliació del port durant l'any 2006, o amb causes naturals. Caldria, per tant, realitzar un seguiment més exhaustiu d'aquesta massa d'aigua per conèixer l'origen de la pertorbació.

Les altres dues masses d'aigua que han presentat una valoració de *Bo*, MA-15 (badia de Palma) i ME-3 (port de Maó), ja presentaven aquesta valoració el 2006. Es corresponen a les masses d'aigua més antropitzades, on es troben les capitals de les illes de Mallorca i Menorca.

L'illa de Mallorca és la que presenta més sectors de costa en estat ecològic *Bo*, amb dues masses d'aigua (MA-4 i MA-15) amb aquesta categoria. A més, la massa d'aigua MA-2 (Badia de Santa Ponça) presenta un valor de EQR de 0,76, proper al 0,75 que és el límit entre les categories de *Bo* i *Molt bo*. Dels 5 sectors de la costa de Menorca, només el del port de Maó (ME-3), presenta un estat ecològic *Bo*. Es tracta d'una massa d'aigua molt modificada per la qual no es requereix l'avaluació de l'estat ecològic sinó el d'un potencial ecològic (que encara no s'ha definit). Els 11 sectors de Eivissa i Formentera presenten tots un estat ecològic *Molt bo*.

Taula 75. Valor d'EQR per a cada sector de costa o massa d'aigua (MA) de les Illes Balears. S'indica el percentatge de costa avaluat al 2006 i les categories *Molt bo* (en blau) i *Bo* (en verd).

Illla	MA	Delimitació	(%) 2006	EQR 2006	EQR 2009
Mallorca i Cabrera	MA-1A	Cala Falcó – Na Foradada	41	1	0,98
	MA-1B	Punta Castellot – Punta Negra	33	1	0,99
	MA-2	Badia de Santa Ponça	51	0,82	0,76
	MA-3A	Punta Negra – Cap Gros	26,5	1	1
	MA-3B	Ses Punes – Illa Formentor	27	0,99	0,96
	MA-4	Badia de Sóller	91	0,86	0,71
	MA-5	Badia de Pollença	31	0,97	0,94
	MA-6	Cap Pinar – Illa d'Aucanada	62	0,99	1
	MA-7	Illla d'Aucanada – Colònia St. Pere	36	0,92	0,88
	MA-8	Colònia St. Pere – Cap Capdepera	21	1	0,95
	MA-9	Cap de Capdepera – Portocolom	23	0,91	0,87
	MA-10	Punta des Joncs – Cala Figuera	50	0,87	0,81
	MA-11	Cala Figuera – Cala Beltran	12	0,91	0,98
	MA-12	Cabrera	13	1	0,92
	MA-13	Cala Beltran – Cap de Regana	52	1	0,99
	MA-14	Cap de Regana – Cap de Enderrocat	100	1	1
Menorca	MA-15	Cap de Enderrocat – Cala Major	24	0,69	0,75
	MA-16	Cala Major – Cala Falcó	45	0,96	0,91
	ME-1A	Cap de Bajolí – Cap de Fornells	30	0,97	0,97
	ME-1B	Es Morter – Punta des Clot	10	1	0,99
	ME-1C	Cala St. Esteve – Punta Prima	62	0,99	1
	ME-2	Badia de Fornells	28,9	1	1
	ME-3	Port de Maó	97	0,70	0,72
Eivissa i Formentera	ME-4	Punta Prima – Punta na Pruna	30	0,93	0,95
	ME-5	Punta na Pruna – Cap de Bajolí	24	0,91	0,86
	IB-1A	Punta des Jondal – Pta sa Pedrera	40	0,96	0,98
	IB-1B	Cap Negret – Cap des Mossons	48	0,93	0,85
	IB-2	Badia de Sant Antoni	91	1	0,98
	IB-3	Cap des Mossons – Punta Grossa	17	0,99	0,96
	IB-4	Punta Grossa – Cala Llenya	42	0,98	1
	IB-5	Cala Llenya – Punta Blanca	80	1	1
	IB-6	Punta Blanca – Punta des Andreus	68	1	1
	IB-7	Punta des Andreus – Pta de sa Mata	71	0,93	0,95
	IBFO-8	Els Freus d'Eivissa i Formentera	15	1	1
	FO-9	Pta. sa Gavina – Pta. ses Pesqueres	60	1	0,99
	FO-10	Pta ses Pesqueres – Pta ses Pedreres	31	0,98	1

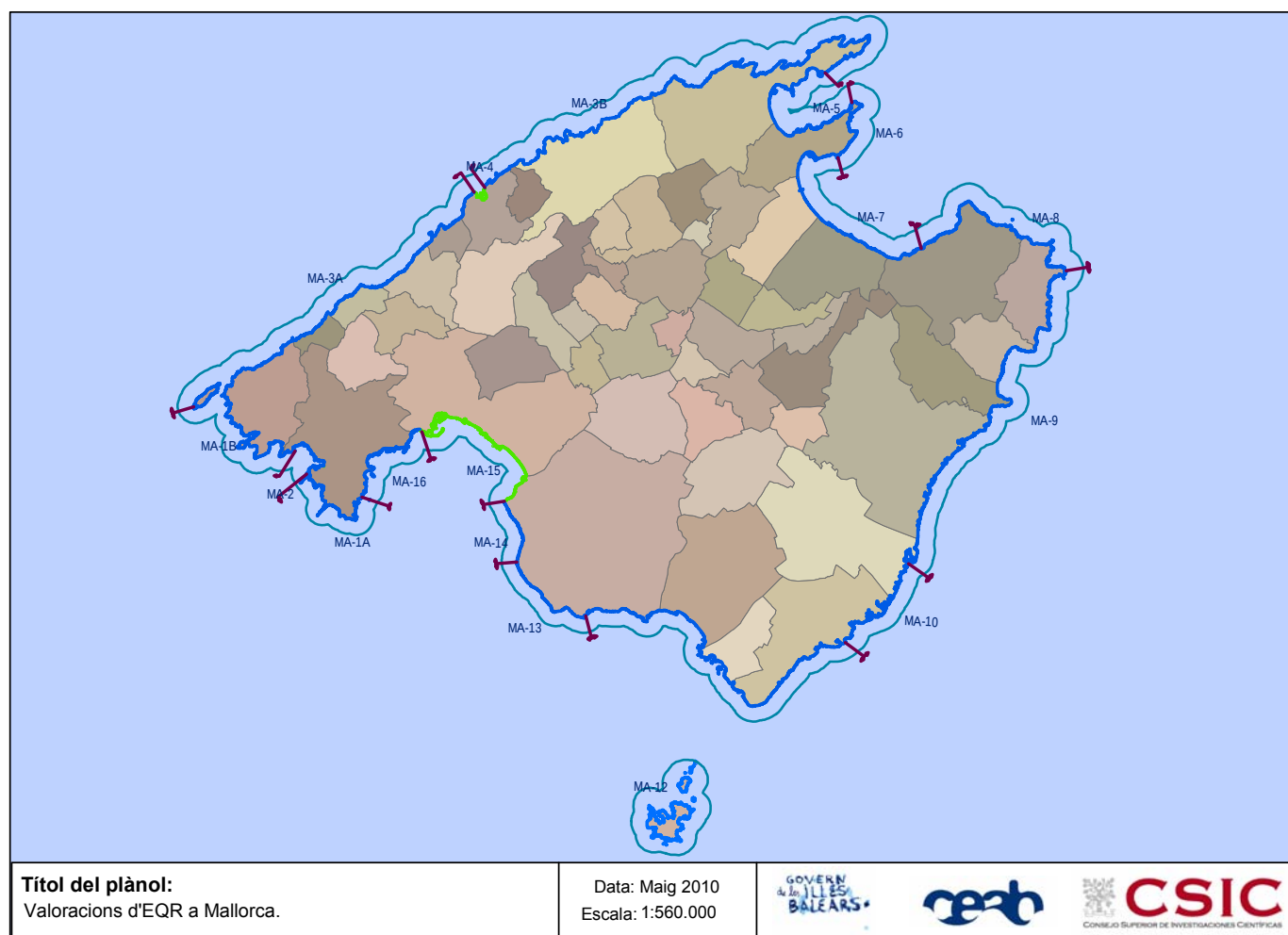


Figura 57. Valors d'EQR per a cada sector de costa a les illes de Mallorca i Cabrera. Any 2009.

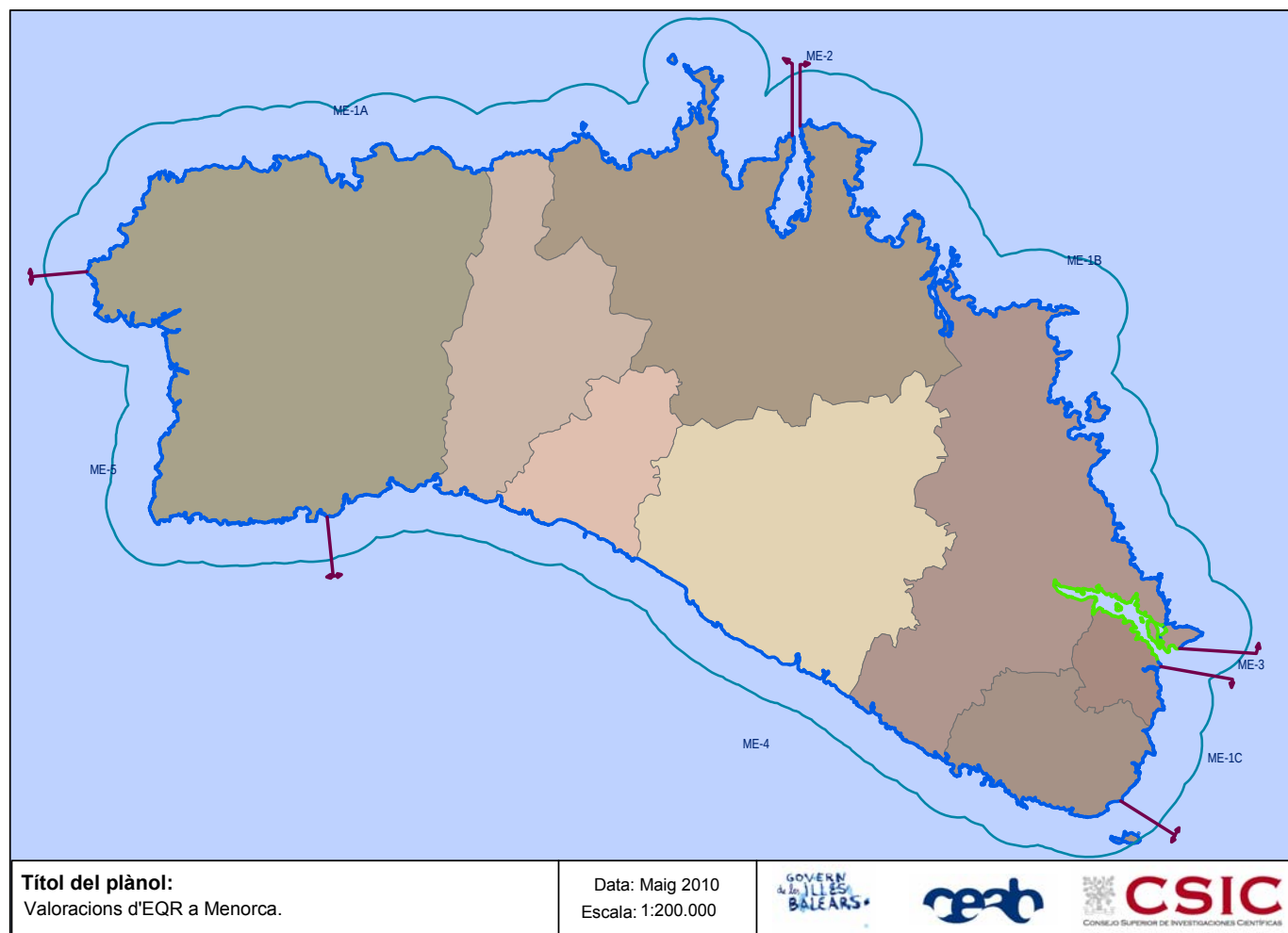


Figura 58. Valors d'EQR per a cada sector de costa a Menorca. Any 2009.

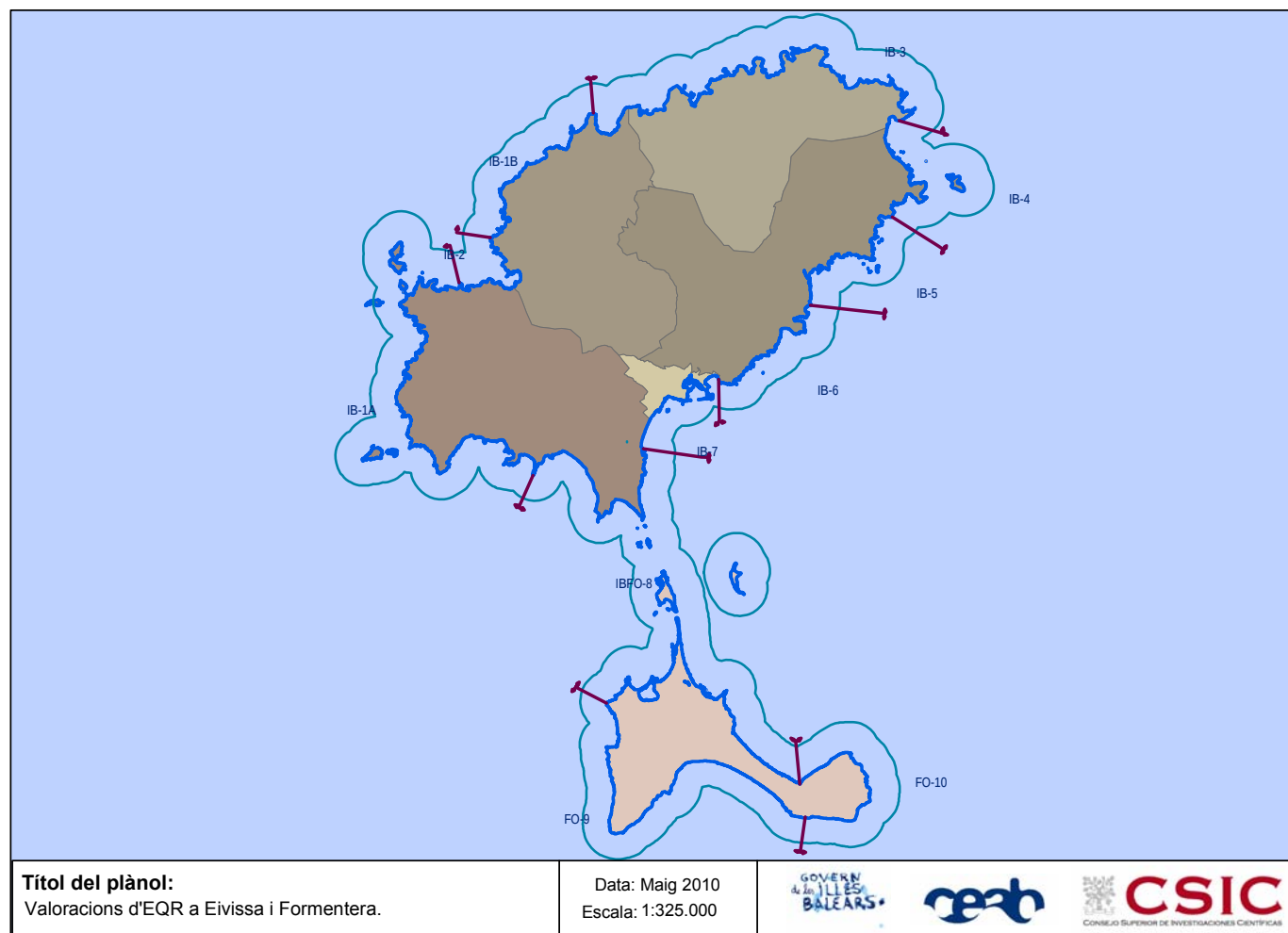


Figura 59. Valors d'EQR per a cada sector de costa a les illes d'Eivissa i Formentera. Any 2009.

CONCLUSIONS

- Amb la metodologia CARLIT s'ha pogut avaluar en continu gairebé tota la costa balear (un 93%). En només un 7% de la costa balear no s'ha pogut aplicar aquesta metodologia per tractar-se de costes sorrenques, interiors de ports i zones inaccessibles com ara les zones militars. Les masses d'aigua on hi ha un percentatge de costa no avaluada més alt són: MA-5 (Pollença), MA-7 (Alcúdia), MA-15 (Palma), IB-7 (Eivissa) i ME-3 (Maó). Per altra banda, s'ha de tenir en compte que una part important de la costa balear està constituïda per substrats extra-plomats, on no es pot desenvolupar la comunitat de *Cystoseira stricta* (Cs4 i Cs5).
- Dels 36 sectors de costa definits a la costa balear, 33 es troben en un estat ecològic *Molt bo*, i 3 en un estat ecològic *Bo*. Aquests tres en estat *Bo* són MA-4 (badia de Sóller), MA-15 (badia de Palma) i ME-3 (port de Maó). En el cas de MA-15 i ME-3, la substitució de *Cystoseira stricta* per *Corallina-Haliptilon* en certes zones sembla relacionada amb l'efecte de les pressions antròpiques.
- Pel que fa a la badia de Sóller (MA-4), s'ha detectat un descens de l'estat ecològic de *Molt bo* el 2006 a *Bo* el 2009, la qual cosa podria estar causada en part a les obres d'ampliació del port durant el 2006. No obstant, la limitació en el desenvolupament de la comunitat de *Cystoseira* pot ser en part natural, degut a que la presència de penya-segats mitjans, amb escàs substrat horitzontal, la qual cosa impedeix el creixement d'un horitzó continu de *Cystoseira*. Es recomana fer un seguiment més exhaustiu d'aquesta massa d'aigua en els pròxims anys davant un possible empitjorament del seu estat ecològic.
- Al llarg d'aquest informe s'han considerat separatament els diferents sectors (A, B i C) de les masses d'aigua que queden interrompudes per una altra massa d'aigua, com són: IB-1, MA-1, MA-3 i ME-1. L'estat ecològic no ha estat diferent pels sectors d'una mateixa massa d'aigua, però els valors d'EQR són bastant diferents pels dos sectors de IB-1 (0,98 i 0,85).
- Tenint en compte que, algunes vegades, les pressions antròpiques es distribueixen de manera heterogènia dins d'una mateixa massa d'aigua, es poden trobar comunitats de diferent categoria de qualitat ecològica segons els trams prospectats. Si aquestes masses no es prospecten senceres, podria ser que els trams escollits no fossin representatius de tota la massa d'aigua. Això ocorre a les masses MA-5, MA-7 i MA-16.
- En el cas de la massa d'aigua molt modificada del port de Maó (ME-3), el 78% es troba fortament modificat (interior del port i altres estructures artificials) i no ha estat avaluat. Per tant, la valoració en estat *Bo* obtinguda no és representativa de tota la massa d'aigua. Per altra banda, a la cala Sant

Esteve la comunitat està dominada per *Cystoseira stricta*, indicant un molt bon estat. Això fa pensar que el límit sud d'aquesta massa d'aigua (amb la massa ME-1C) es podria redefinir per tal de que s'atenguin millor les necessitats de gestió.

- Cal destacar que cap dels sectors de costa estudiats a Mallorca presenta un percentatge alt d'ocupació per *Cystoseira stricta* molt abundant (Cs5). A la resta d'illes, aquesta categoria presenta valors més alts, però tampoc predomina a cap dels sectors de costa.

CAPÍTOL 4: XARXA OPERATIVA BASADA EN LES MACROALGUES DE LA ZONA LITORAL.

INTRODUCCIÓ

L'objectiu d'aquest estudi és analitzar de forma detallada l'estat de les comunitats bentòniques algals de la franja litoral a les masses d'aigua amb risc d'incompliment de la DMA.

La zona litoral rocosa mediterrània és l'hàbitat de certes espècies molt sensibles a la contaminació com *Cystoseira amentacea* var. *stricta* o *Cystoseira mediterranea*, les quals formen densos poblaments en ambients no pertorbats. La presència de pressions d'origen antròpic produeixen canvis en la composició de les comunitats algals. Aquests canvis inclouen la substitució d'aquestes espècies sensibles, per altres de tolerants i, fins i tot, oportunistes com certes clorofícies i cianobacteris. De fet, s'ha establert tota una gradació des de comunitats no pertorbades fins a comunitats alterades característiques d'ambients contaminats (Arévalo *et al.* 2007). Per tant, els canvis en la composició de les comunitats algals poden informar sobre els canvis en la qualitat ambiental del litoral.

L'estudi s'ha realitzat mitjançant l'aplicació de la metodologia BENTHOS (Pinedo *et al.* 2007). Aquest mètode consisteix en l'estudi precís de la comunitat bentònica (mesurant el recobriment i la biomassa de les espècies d'algues i d'invertebrats associats) de mostres puntuals recol·lectades a la zona de rompent en ambients exposats a l'onatge on potencialment (en ambients no pertorbats) dominen espècies sensibles, principalment del gènere *Cystoseira*.

METODOLOGIA

Selecció de les estacions i mostreig

A les Illes Balears, malgrat l'estat ecològic *Bo* o *Molt bo* de tota la costa avaluada mitjançant la metodologia CARLIT durant l'any 2009 (capítol 3 del present informe, veure síntesis a les fig. 60-62), existeixen masses d'aigua amb risc d'incompliment de la DMA per trobar-se sotmeses a una major pressió antròpica (veure Reviriego *et al.* 2008). Dins d'aquestes masses d'aigua, ja definides a l'informe final del 2007, es van seleccionar 22 estacions; tanmateix, en aquest informe final del 2007, es va plantejar la hipòtesis que les pressions antròpiques es distribueixen de manera heterogènia dins d'aquestes masses d'aigua. Per tal de confirmar aquesta hipòtesis, es van seleccionar les

estacions per cobrir el gradient de pressions des de zones clarament pertorbades a zones potencialment no impactades dins d'una mateixa massa d'aigua. A més, es van mostrejar dues estacions addicionals a la cala Vedella i al Caló d'en Real a Eivissa on s'ha detectat una intensificació important de les pressions antròpiques en els últims anys (E. Ballesteros, observació personal), i posteriors a l'avaluació de les pressions i impactes per Reviriego *et al.* (2008). Per tant, es va establir una xarxa operativa de 24 estacions, la localització de les quals es recull a les figures 60-62, i a la taula 76.

Per obtenir un inventari exhaustiu de la composició de les comunitats bentòniques de substrat rocós de la zona litoral, es van recol·lectar mostres mitjançant el raspat d'una unitat de mostreig de 400 cm² (20cm×20cm) utilitzant una escarpa i un martell. Es van recollir dues rèpliques per a cadascuna de les estacions, mostrejant les zones batudes de la franja litoral potencialment dominades per espècies sensibles del gènere *Cystoseira*. Les mostres es van conservar en una dilució de formol comercial al 4% en aigua de mar, i es van processar al laboratori, on es va fer la identificació al nivell taxonòmic més baix possible.

La quantificació es va realitzar en termes de recobriment (en cm²) mesurant la superfície ocupada per a cada tàxon al col·locar-lo horitzontalment sobre una safata de laboratori. Per a aquelles espècies amb recobriments negligibles, es va assignar un valor de recobriment de 0,1 cm² (Ballesteros 1992). Paral·lelament es va calcular la biomassa de tots els tàxons (en grams de pes sec) després de mantenir-los a l'estufa a 60°C durant 48 hores. En el cas de les espècies incrustants per a les quals és difícil la seva separació de la roca, es van utilitzar els factors de conversió per estimar biomasses a partir de recobriments segons Ballesteros (1992). A aquelles espècies amb una presència gairebé negligible se'ls va assignar una biomassa de 0,001 g.

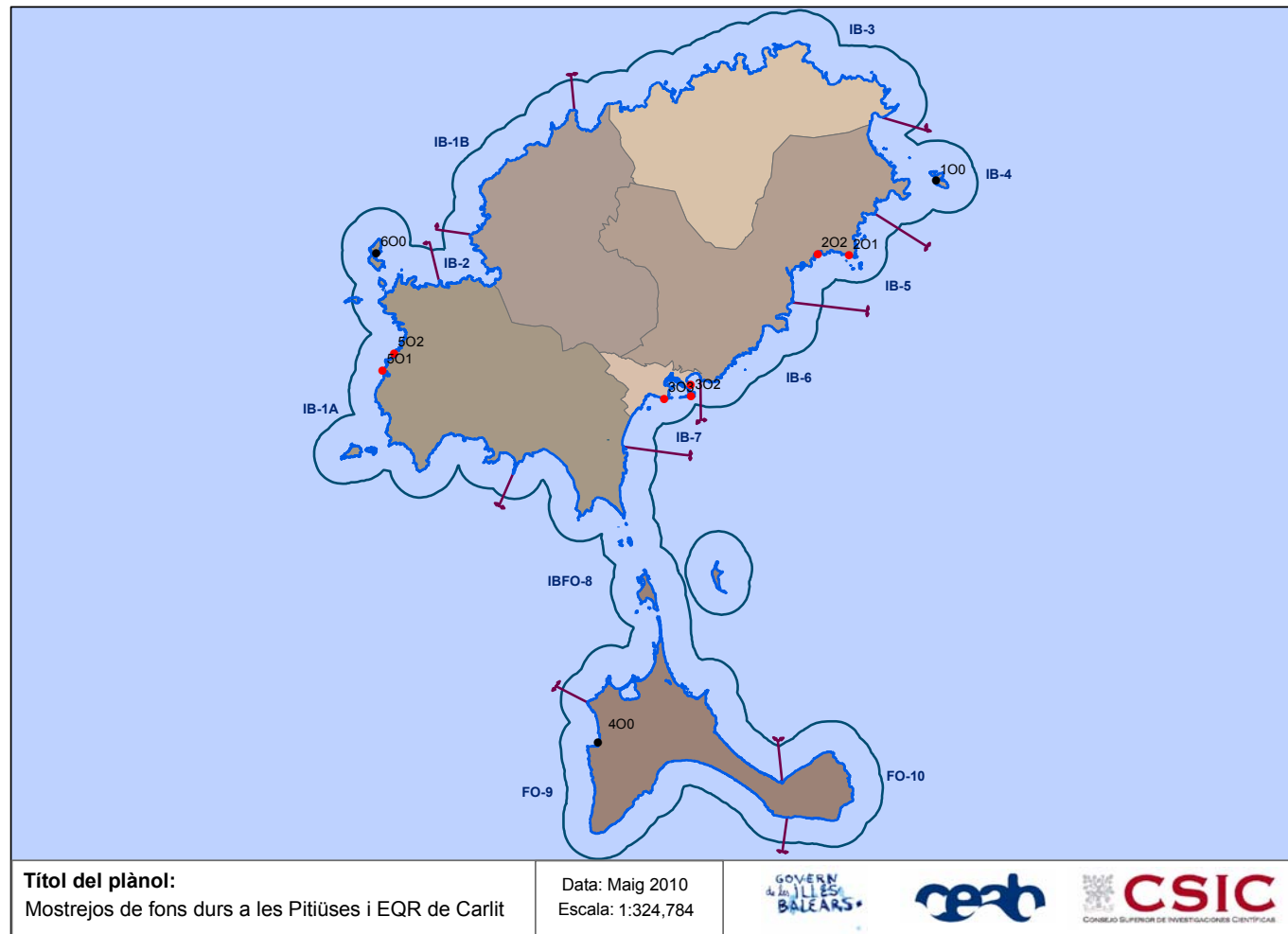


Figura 60. Situació de les estacions mostrejades a Eivissa i Formentera dins de la xarxa operativa de les comunitats de substrat rocós els anys 2006 (cercles negres) i 2009 (cercles vermells). Es representa l'estat ecològic obtingut amb la metodologia CARLIT (Blau: *Molt bo*)

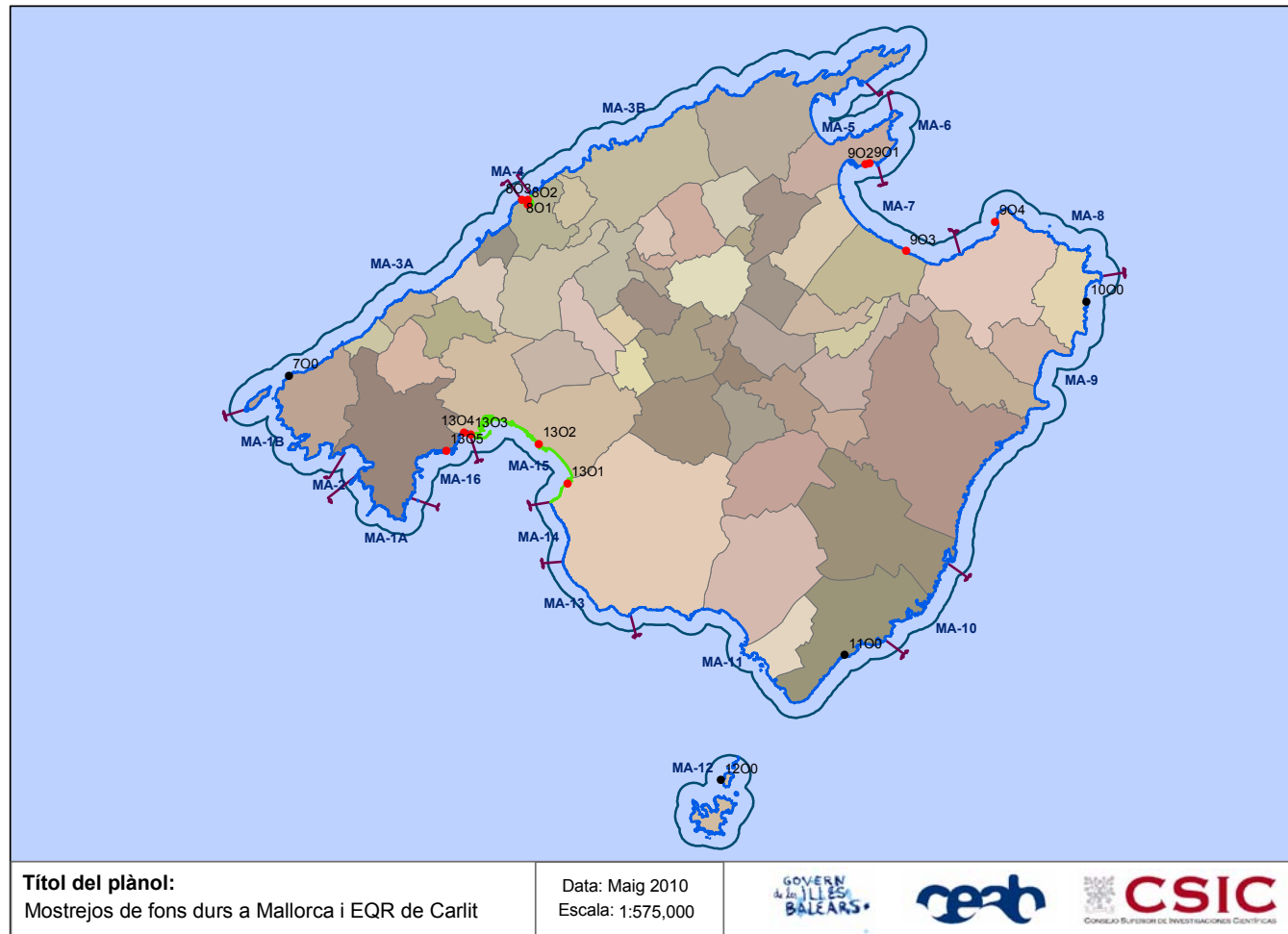


Figura 61. Situació de les estacions mostrejades a Mallorca i Cabrera dins de la xarxa operativa de les comunitats de substrat rocós els anys 2006 (cercles negres) i 2009 (cercles vermells). Es representa l'estat ecològic obtingut amb la metodologia CARLIT (Blau: *Molt bo* i verd: *Bo*)

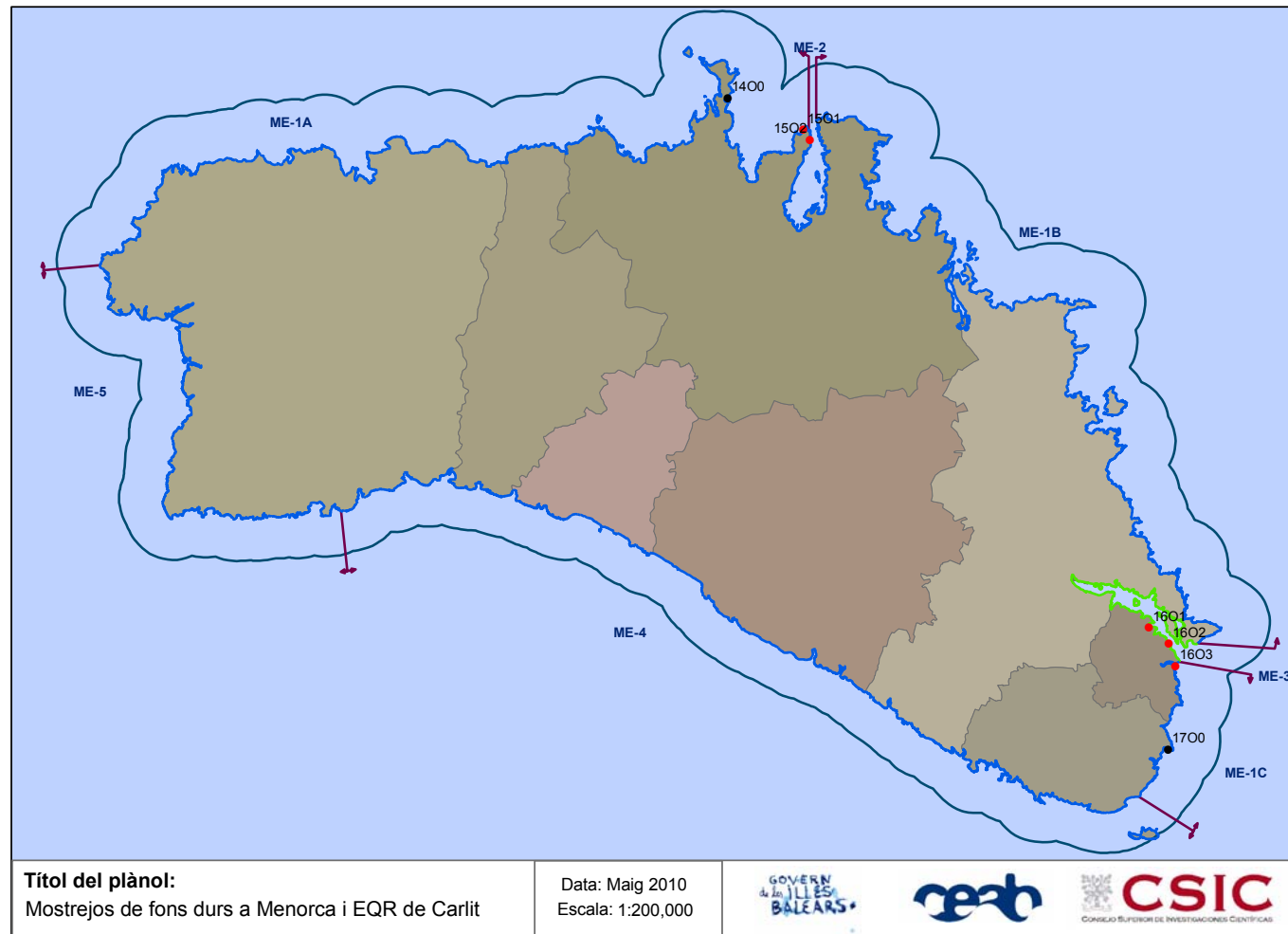


Figura 62. Situació de les estacions mostrejades a Menorca dins de la xarxa operativa de les comunitats de substrat rocós els anys 2006 (cercles negres) i 2009 (cercles vermells). Es representa l'estat ecològic obtingut amb la metodologia CARLIT (Blau: *Molt bo* i verd: *Bo*)

Taula 76. Relació de les 24 estacions de substrat rocós mostrejades l'any 2009 dins de la xarxa operativa indicant l'illa, codi, estació, coordenades (X,Y), sector o massa d'aigua a la que pertanyen (MA) i pressions antròpiques significatives a les que estan sotmeses (PRC: artificialització de la costa, PRP: regeneració de platges, PAA: esculls artificials, PPV: punts d'abocament, PVRD: abocament d'aigües residuals depurades, PVS: abocament de salmorra, PVT: abocament tèrmic, PUUS: us urbà del sol, PUAS: us agropecuari del sol, PPP: ports pesquers, PPD: ports esportius, PTM: trànsit marítim; veure Reviriego *et al.* 2008).

Illa	MA	Estació	Codi	X	Y	Pressions
Eivissa	IB-5	Santa Eulària (Cala Gat)	201	38° 59,416'	1° 34,505'	PCR, PRP, PPV, PVRD, PPD
		Santa Eulària (Cala Pada)	202	38° 59,519'	1° 33,620'	
	IB-7	Port d'Eivissa (Punta Tabernera)	301	38° 54,668'	1° 27,327'	PCR, PRP, PPV, PVRD, PVT, PUUS, PPP, PPD, PTM
		Port d'Eivissa (es Botafoc)	302	38° 54,273'	1° 27,347'	
		Port d'Eivissa (Punta Ratjada)	303	38° 54,154'	1° 26,113'	
	IB-1A	Cala Vedella	501	38° 54,977'	1° 13,134'	-
		Caló d'en Real	502	38° 55,559'	1° 13,697'	
Mallorca	MA-4	Port de Sóller (Far)	801	39° 47,861'	2° 40,938'	PCR, PRP, PVRD, PUUS, PUAS, PPD, PPP
		Port de Sóller	802	39° 47,612'	2° 41,387'	
		Port de Sóller (Far base naval)	803	39° 47,878'	2° 41,365'	
	MA-7	Badia de Alcúdia (Es Pinaret)	901	39° 50,223'	3° 9,596'	PCR, PRP, PVRD, PVT, PUUS, PUAS, PPD, PTM
		Badia de Alcúdia (Alcanada)	902	39° 50,176'	3° 9,231'	
		Badia de Alcúdia (Son Real)	903	39° 44,638'	3° 12,569'	
	MA-8	Badia de Alcúdia (Betlem)	904	39° 46,511'	3° 19,930'	-
	MA-15	Badia de Palma (S'Arenal)	1301	39° 29,834'	2° 44,735'	PCR, PRP, PVRD, PAA, PUUS, PUAS, PVS, PPD, PTM
		Badia de Palma (Can Pastilla)	1302	39° 32,342'	2° 42,363'	
		Badia de Palma (Marivent)	1303	39° 32,945'	2° 36,766'	
	MA-16	Badia de Palma (Cala Major)	1304	39° 33,057'	2° 36,209'	PCR, PRP, PVRD, PAA, PPD
		Badia de Palma (Pta. De na Dina)	1305	39° 31,906'	2° 34,767'	
Menorca	ME-1A	Cap de Fornells	1501	40° 3,800'	4° 7,817'	PUAS
	ME-2	Badia de Fornells (Far)	1502	40° 3,572'	4° 8,007'	PCR, PUAS
	ME-3	Port de Maó (Cales Fonts)	1601	39° 52,665'	4° 17,720'	PCR, PVRD, PVT, PUUS, PUAS, PPP, PTM
		Port de Maó (Cala Pedreta)	1602	39° 52,289'	4° 18,161'	
		Port de Maó (Cala Sant Esteve)	1603	39° 51,791'	4° 18,350'	

Per altra banda, al present estudi s'han incorporat les dades de les estacions de substrat rocós mostrejades durant l'any 2006 en zones molt bones (exercici anterior; veure taula 77 i figs. 60-62). Les comunitats litorals trobades en aquestes estacions es consideren no alterades (veure informe final de 2007). Aquesta incorporació ens permet cobrir el gradient complet, des de les comunitats en molt bon estat fins a les pertorbades, i obtenir una bona representació de les comunitats litorals de substrat rocós de tota la costa balear.

Taula 77. Relació de les 9 estacions mostrejades durant l'any 2006 indicant l'illa, codi, estació, coordenades (X, Y), sector o massa d'aigua a la que pertanyen (MA) i pressions antròpiques significatives a les que estan sotmeses (PRC: artificialització de la costa, PRP: regeneració de platges, PAA: esculls artificials, PVRD: abocament d'aigües residuals depurades, PUUS: us urbà del sol, PUAS: us agropecuari del sòl; veure Reviriego *et al.* 2008).

Illa	MA	Estació	Codi	X	Y	Pressions
Eivissa	IB-4	Tagomago	100	39°38,471	1°2,136	PRP
	IB-1A	Conillera	600	38°12,751	1°59,157	-
Formentera	FO-9	Saona	400	38°23,345	1°41,699	-
Mallorca	MA-3A	Tramuntana	700	39°21,791	2°36,633	-
	MA-9	Cala Ratjada	1000	39°27,408	3°41,334	PRC, PRP, PAA, PVRD, PUUS
	MA-11	Santanyí	1100	39°7,464	3°18,888	PRC
	MA-12	Cabrera-Conillera	1200	39°57,332	2°10,940	-
Menorca	ME-1A	Cavalleria	1400	40°5,638	4°4,486	PUAS
	ME-1C	S'Algar	1700	39°18,087	4°49,899	PUAS

Tractament de dades

Amb els inventaris obtinguts els anys 2006 (exercici anterior) i 2009 (present exercici) s'han elaborat les matrius d'espècies/recobriment i d'espècies /biomassa per fer les anàlisis d'ordenació. En aquest informe es presenten els resultats obtinguts amb les dades de recobriment, ja que els resultats de treballar amb les dades de biomassa no són tant clars, tal i com es va veure a l'informe de 2007.

Seguint la metodologia BENTHOS (Pinedo *et al.* 2007), el tractament estadístic de les matrius d'espècies/recobriment s'ha realitzat mitjançant anàlisis de correspondències corregides, DCA ("Detrended Correspondence Analysis") realitzades amb el programa CANOCO (versió 4.5). Aquesta anàlisi permet trobar els principals factors o gradients a les matrius d'espècies, i aleshores ordenar les estacions al llarg d'aquests gradients. S'han realitzat dues DCAs, una amb les dues rèpliques per estació mostrejades en el present exercici, per visualitzar la possible heterogeneïtat entre rèpliques; i una altra amb les estacions mostrejades el 2006 i 2009, per cobrir el gradient complet de l'estat de les comunitats. A totes les anàlisis s'ha considerat el conjunt d'espècies (animals i vegetals), i s'han eliminat totes aquelles espècies que apareixien en menys d'un 2% de les mostres per considerar que són poc representatives i que poden tenir un pes excessiu en aquelles mostres on hi són presents.

RESULTATS

A la figura 63, es presenten els percentatges de recobriment dels diferents tàxons identificats a les mostres de 2006 i 2009. S'han trobat un total de 155 tàxons, dels quals *Cystoseira* ha estat el gènere més abundant (en percentatge de recobriment), amb una dominància clara de *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (anomenada *Cystoseira stricta* d'ara endavant) que ha representat el 72% del recobriment total. El segon grup més abundant ha estat el format per les Coral·linàcies (10,5%), seguit per *Cystoseira compressa* (5,6%), i per la família de les Rodomelàcies (3,9%) que inclou els gèneres *Polysiphonia*, *Palisada* (= *Chondrophycus*) i *Laurencia* entre d'altres. El grup de les Ulvàcies, de tendència nitròfila i associat a fonts de contaminació, només representa el 0,7% del recobriment total. Els grups majoritaris d'invertebrats han estat els cnidaris i els mol·luscs, tot i que només representen un 0,9% de l'abundància total.

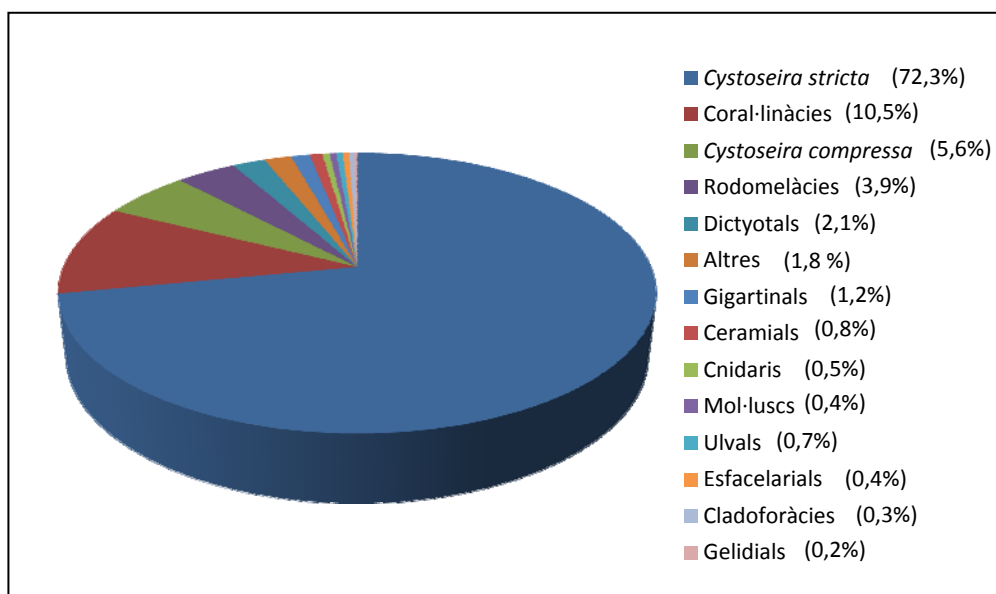


Figura 63. Percentatge de recobriment dels principals grups de macroalgues i fauna associada trobats a les estacions de substrat rocós mostrejades els anys 2006 i 2009.

A la figura 64 es representa l'ordenació de les dues rèpliques per estacions mostrejades l'any 2009 a l'espai definit per la DCA. El primer eix explica un 14,2 % de la variància total mentre que el segon absorbeix un 7,6 %. És a dir, entre tots dos expliquen el 21,8 % de la variància total.

S'observa que les rèpliques d'una mateixa estació es troben relativament properes entre sí, a excepció de les rèpliques de l'estació 801 del port del Sóller. A la rèplica 1 d'aquesta estació, *Cystoseira compressa* és l'espècie dominant. En canvi, a la rèplica 2 hi falta l'estrat de *Cystoseira compressa*, essent dominada per *Boergeseniella fruticulosa* i Coral·linàcies.

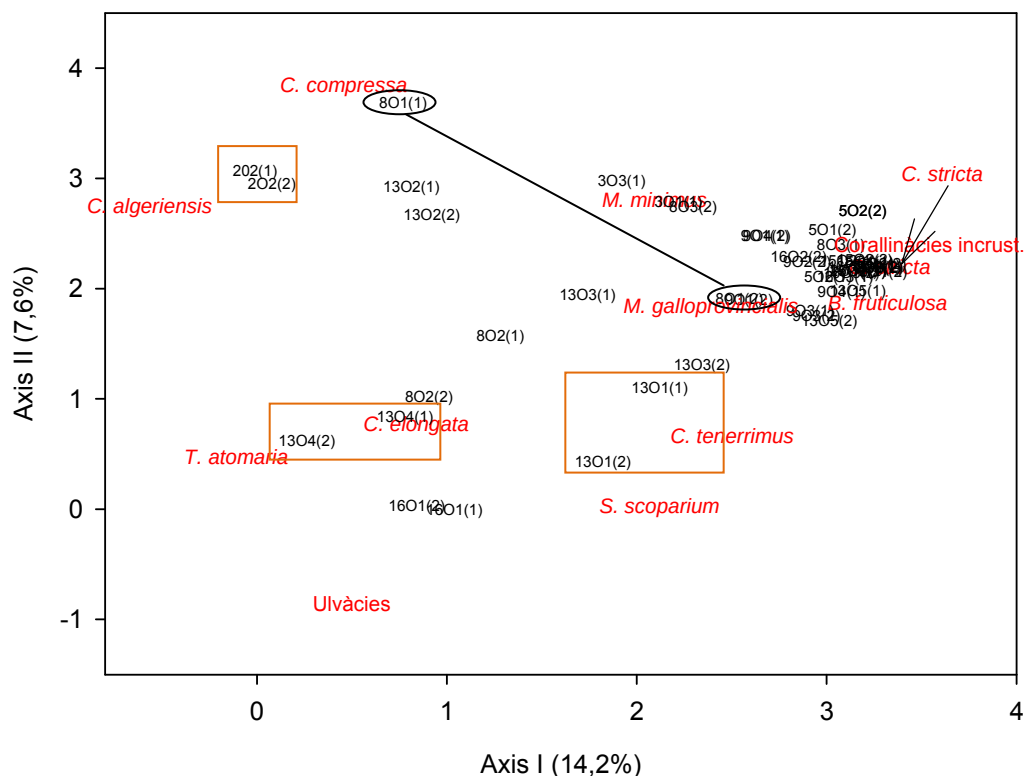


Figura 64. Representació de les dues rèpliques per estació de les 24 estacions mostrejades el 2009 a l'espai definit pels dos primers eixos principals de la DCA. Quantificació per recobriment. Es representa la posició de les espècies més importants (en vermell) esmentades al text. S'han encerclat i unit les rèpliques més distants de l'estació 801 amb línies per facilitar l'observació de la distància que les separa. S'enquadren les mostres de zones calmades.

Llevat d'aquest cas, totes les estacions mostren una gran homogeneïtat, i per tant, la següent DCA s'ha realitzat amb el promig del recobriment de les dues rèpliques per estació. En aquesta anàlisi s'han inclòs també les estacions mostrejades el 2006, per tal de cobrir el gradient complet de qualitat. Per altra banda, s'han exclòs 3 estacions mostrejades l'any 2009 en ambients excessivament calmats, ja que poden adquirir un pes excessiu a l'ordenació a la DCA degut a que les comunitats que s'hi troben són molt diferents de la resta. Aquestes estacions d'ambients calmats (enquadrades a la fig. 64) són:

- L'estació de Sta. Eulària - cala Pada a Eivissa (202), que presenta una comunitat dominada per *Cystoseira algeriensis*. Aquesta espècie és típica d'ambients calmats, i de totes les estacions mostrejades només està present en aquesta. No obstant, *Cystoseira algeriensis* és molt sensible a canvis ambientals indicant un bon estat de la comunitat.

- Dues estacions de la badia de Palma a Mallorca, S'Arenal (13O1) i cala Major (13O4), que presenten una abundància important d'algues típiques d'ambients calcats (*Stypocaulon scoparium* en el cas de la primera, i *Taonia atomaria* en el cas de la segona).

Cal destacar que la metodologia BENTHOS està pensada per aplicar-la en ambients exposats, encara que la possible utilitat d'espècies del gènere *Cystoseira* d'ambients calcats com a bioindicadors de la qualitat de l'aigua ha estat objecte d'estudi pel grup de recerca del CEAB (veure Sales & Ballesteros 2009, adjuntat a l'Annex II).

A la figura 65, es representa l'ordenació de les estacions i les espècies de 2006 i 2009, essent la variància explicada pel primer eix d'un 24,0 %, i pel segon, d'un 6,8 %. És a dir, entre tots dos expliquen el 30,8 % de la variància total.

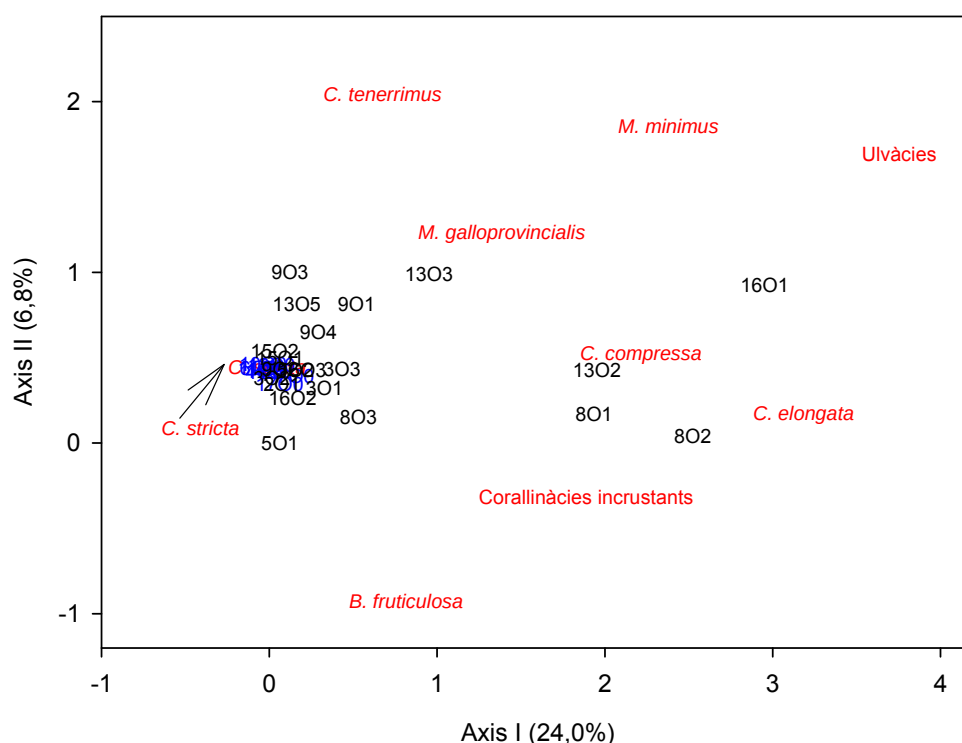


Figura 65. Representació de 30 de les estacions mostrejades el 2006 (en blau) i el 2009 (en negre) a l'espai definit pels dos eixos principals de la DCA. Quantificació per recobriment. Es representa la posició de les espècies més importants (en vermell) esmentades al text, les quals defineixen les categories de qualitat de les comunitats al llarg de l'eix I.

S'observa que al llarg de l'eix I les estacions de substrat rocós mostrejades a Balears cobreixen el gradient complet, des de comunitats en molt bon estat a comunitats degradades. A la part esquerra de l'eix I es concentren les estacions mostrejades el 2006, clarament dominades per *Cystoseira stricta*, espècie sensible típica d'ambients batuts i nets. A partir d'aquí, les estacions es dispersen cap

a la dreta a mesura que l'abundància de *Cystoseira stricta* disminueix, i la seva dominància és substituïda per la d'altres espècies més tolerants o indiferents com ara *Cystoseira compressa* i *Corallina elongata*, fins que finalment guanyen protagonisme les Ulvàcies (a la dreta del gràfic).

Les diferents comunitats trobades al llarg d'aquest gradient, que alhora està associat a la qualitat ambiental, es poden categoritzar com a:

Categoria 1: Comunitats caracteritzades per una clara dominància de l'espècie sensible *Cystoseira stricta* (recobriments superiors al 70% del recobriment total), acompanyada per altres espècies associades a aquestes comunitats com el crustaci *Acanthonyx lunulatus*, les algues *Boergeseniella fruticulosa* i *Jania rubens*, entre d'altres. En aquesta categoria s'inclouen les estacions mostrejades el 2006 (en blau a la fig. 65), i les estacions 201 (Sta. Eulària- cala Gat), 302 (port d'Eivissa- es Botafoc), 502 (Eivissa- Caló d'en Real), 902 (badia d'Alcúdia- Alcanada), 1501 (cap de Fornells), 1502 (badia de Fornells- far), i 1603 (port de Maó- cala Sant Esteve), mostrejades el 2009.

Categoria 2: Comunitats caracteritzades per la dominància d'espècies sensibles, ja sigui *Cystoseira stricta* però amb menor recobriment, o *Palisada tenerrima* (= *Chondrophycus tenerrimus*) (estació 1303) que és una espècie sensible però més resistent a la dessecació que no pas *Cystoseira stricta*. Aquest grup està integrat per les següents estacions: 301 (port d'Eivissa- Punta Tabernera), 303 (port d'Eivissa- Punta Ratjada), 501 (Eivissa- cala Vedella), 803 (port de Sóller- far base naval), 901 (badia d'Alcúdia- Es Pinaret), 903 (Pinar de són Real, badia d'Alcúdia), 904 (badia d'Alcúdia- Betlem), 1303 (badia de Palma –Marivent), 1305 (badia Palma- punta de na Dina), i 1602 (port de Maó- cala Pedreta).

Categoria 3: L'abundància relativa de *Cystoseira stricta* dins la comunitat disminueix, i augmenta l'abundància d'altres espècies més tolerants o indiferents que la substitueixen. Les comunitats estan dominades per *Cystoseira compressa* (com és el cas de les estacions 801 i 1302), o per *Corallina elongata* (com és el cas de l'estació 802). També trobem un augment de Mitílids (*Mytilus galloprovincialis* i *Mytilaster minimus*) típics d'ambients amb més matèria orgànica en suspensió. Aquesta substitució explica la dispersió d'aquestes estacions a la figura 65.

Categoria 4: Comunitats característiques d'ambients eutrofitzats i contaminats, dominades per Coral·linàcies i Ulvàcies. A Balears, només l'estació 1601 (port de Maó - Cales Fonts) correspondria a aquest estadi de degradació, ja que malgrat la presència elevada de *Corallina elongata*, l'abundància de les Ulvàcies és força important.

A la taula 78 s'observa que a la majoria de les àrees mostrejades s'han trobat comunitats litorals en bon estat (categories 1 i 2). Només a una estació de la badia de Palma (13O2) i a dues de la badia de Sòller s'han trobat indicis de la degradació de la comunitat (categoria 3) i només a una estació del port de Maó (16O1) la comunitat és típica d'ambients contaminats.

Taula 78. Relació de les estacions mostrejades amb les comunitats trobades els anys 2006 i 2009. S'assenyalen en color rosa les estacions que presenten comunitats característiques d'una qualitat ambiental dolenta, i en color lila les comunitats característiques de zones calmades.

Illla	MA	Codi	Estació	Comunitat 2006	Comunitat 2009
Eivissa-Formentera	IB-4	100	Tagomago	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	IB-5	201	Santa Eulària (Cala Gat)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
		202	Santa Eulària (Cala Pada)	-	<i>Cystoseira algeriensis</i>
	IB-7	301	Port d'Eivissa (Punta Tabernera)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
		302	Port d'Eivissa (es Botafoc)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
		303	Port d'Eivissa (Punta Ratjada)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	FO-9	400	Saona	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	IB-1A	501	Cala Vedella	-	<i>Cystoseira stricta</i>
		502	Caló d'en Real	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
		600	Conillera	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
Mallorca	MA-3A	700	Tramuntana	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	MA-4	801	Port de Sóller (Far)	-	<i>Cystoseira compressa</i>
		802	Port de Sóller	-	<i>Corallina elongata</i>
		803	Port de Sóller (Far base naval)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	MA-7	901	Badia de Alcúdia (Es Pinaret)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
		902	Badia de Alcúdia (Alcanada)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
		903	Badia de Alcúdia (Son Real)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	MA-8	904	Badia de Alcúdia (Betlem)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	MA-9	1000	Cala Ratjada	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	MA-11	1100	Santanyí	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	MA-12	1200	Cabrera-Conillera	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	MA-15	1301	Badia de Palma (S'Arenal)	-	<i>Stypocaulon scoparium</i>
		1302	Badia de Palma (Can Pastilla)	-	<i>Cystoseira compressa</i>
		1303	Badia de Palma (Marivent)	-	<i>Palisada tenerima</i>
	MA-16	1304	Badia de Palma (Cala Major)	-	<i>Taonia atomaria</i>
		1305	Badia de Palma (Pta. De na Dina)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
Menorca	ME-1A	1400	Cavalleria	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
		1501	Cap de Fornells	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
	ME-2	1502	Badia de Fornells (Far)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
	ME-3	1601	Port de Maó (Cales Fonts)	-	Ulvàcies
		1602	Port de Maó (Cala Pedreta)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
		1603	Port de Maó (Cala Sant Esteve)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
	ME-1C	1700	S'Algar	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-

A les masses d'aigua a les que pertanyen les estacions mostrejades el 2009 conflueixen diverses pressions antròpiques (veure taula 76). En el cas de la badia de Palma (fig. 66), la massa d'aigua MA-15 està densament urbanitzada i artificialitzada amb la presència de diversos ports esportius i un port comercial amb un important trànsit marítim. A més, es donen activitats agropecuàries, l'abocament d'aigües residuals depurades i de les salmorres de dessaladora, la regeneració de platges, i la presència d'esculls artificials. Dins d'aquesta massa d'aigua, s'observa una degradació de la comunitat litoral a l'estació 13O2 (categoria 3) al centre de la badia. No es pot saber si aquesta degradació arriba més cap a l'est, degut a que l'estació 13O1 es va mostrejar en un ambient calmat i no s'ha pogut avaluar. En canvi, a l'estació més propera al port, però cap a l'oest (13O3), així com a la següent estació cap a l'oest (13O5) que pertany a la massa d'aigua contigua (MA-16), trobem una comunitat en bon estat (categoria 2). Aquesta altra massa d'aigua, també dins de la badia de Palma, no sembla afectada per la influència del port, i està sotmesa a un menor nombre de pressions antròpiques donat que tant l'abocament d'aigües residuals i de salmorres, com l'ús agropecuari del sòl i el trànsit marítim no són significatius. Cal recordar que l'estació 13O4 es va mostrejar en un indret d'aigües calmades, i no es va poder incloure a la DCA. Podríem dir que l'efecte de les pressions antròpiques només es reflexa al centre de la badia.



Figura 66. Situació de les estacions respecte al gradient de pertorbació a la badia de Palma (Mallorca). La fletxa senyala la direcció cap on decreix en intensitat l'efecte de les pressions antròpiques.

Pel que fa a la badia de Sóller (veure fig. 67), la massa d'aigua a la que pertany (MA-4) està densament urbanitzada i artificialitzada presentant un port esportiu i pesquer, i està també sotmesa a activitats agropecuàries, a l'abocament d'aigües residuals depurades, i a la regeneració de platges. Malgrat tractar-se de les immediacions d'un port, la metodologia CARLIT classifica aquesta massa d'aigua en un estat ecològic *Bo* (mostreig del 2009). No obstant, aquesta és una categoria més baixa que la obtinguda l'any 2006, i pot estar relacionada amb l'impacte de les obres d'ampliació del port que es va dur a terme el 2006. Aquesta baixada de l'estat ecològic sembla confirmar-se mitjançant l'estudi exhaustiu de la composició de la comunitat litoral, essent dominants espècies més tolerants (categoria 3) a l'estació més interior (802) i a la banda nord-oest sortint de la badia (801). En canvi, sortint en direcció nord-est, la influència de les pressions antròpiques disminueixen, com ho indica el desenvolupament de comunitats típiques de *Cystoseira stricta* (categoria 2) a l'estació sota el far de la base naval (803).



Figura 67. Situació de les estacions respecte al gradient de pertorbació del port de Sóller (Mallorca). La fletxa senyala la direcció cap a on decreix en intensitat l'efecte de les pressions antròpiques.

Per altra banda, el port de Maó (veure fig. 68) està densament urbanitzat i artificialitzat presentant un port esportiu, pesquer i comercial amb un intens trànsit marítim, i està sotmès a activitats agropecuàries, i a l'abocament d'aigües residuals depurades i abocaments tèrmics. Cal recordar que es tracta d'una *massa d'aigua molt modificada* (ME-3), que d'acord amb la DMA no ha de ser avaluada amb els nostres elements biològics de qualitat. Per tant, la part més interior del port

no s'ha mostrejat. L'estació de Cales Fonts (16O1) presenta una comunitat degradada típica d'ambients molt pertorbats (categoria 4). A mesura que ens allunyem d'aquesta estació cap a l'exterior del port (estació 16O2) trobem una comunitat no pertorbada (categoria 2), mentre que a la cala Sant Esteve (estació 16O3) ja trobem una comunitat en molt bon estat (categoria 1), el que ens indica que es tracta d'un clar gradient de pertorbació. Per tant, tal i com ja es va veure dins de la xarxa de fons tous (capítol 1 del present informe), els límits d'aquesta massa d'aigua (ME-3) amb la massa d'aigua contigua (ME-1) potser haurien de ser redefinits. Aquesta hipòtesis sembla avalada per l'estudi del grup de recerca del CEAB presentat al Annex III del present informe (Sales 2010), on mitjançant experiments de transplantaments, es va veure que tres espècies sensibles del gènere *Cystoseira*, desaparegudes a cala Teulera, hi poden viure actualment. La causa més probable d'aquest fet és una millora de la qualitat de l'aigua relacionada amb la construcció d'infraestructures per a la conducció i el tractament de les aigües residuals.



Figura 68. Situació de les estacions respecte al gradient de pertorbació al port de Maó (Menorca). La fletxa senyala la direcció cap a on decreix en intensitat l'efecte de les pressions antròpiques.

A la resta de masses d'aigua, mostrejades a Santa Eulària (IB-5), al port d'Eivissa (IB-7), a les badies d'Alcúdia (MA-7 i MA-8) i Fornells (ME-1A i ME-2; veure fig. 69), no s'han detectat indicis de degradació de les comunitats (totes elles presenten comunitats de les categories 1 i 2).

Pel que fa a les estacions mostrejades a Santa Eulària s'ha trobat que la influència del port esportiu, l'artificialització costanera, la regeneració de platges, i els abocaments puntuals i d'aigües depurades no arriben cap a l'est ni a cala Pada (estació 202), on trobem una comunitat de *Cystoseira algeriensis* (espècie sensible típica d'ambients calcats), ni a cala Gat, on trobem una comunitat de *Cystoseira stricta* densa (categoria 1). Per altra banda, no es detecten perturbacions al costat oest de la sortida de la badia de Fornells (estacions 1501 i 1502), on trobem comunitats en molt bon estat (categoria 1). L'interior de la badia no s'ha mostreat amb la metodologia BENTHOS ja que es troba en estat *Molt bo* en base a la metodologia CARLIT.



Figura 69. Situació de les estacions mostrejades a Santa Eulària (Eivissa; dalt esquerra), al port d'Eivissa (dalt dreta), a la badia d'Alcúdia (Mallorca; baix esquerra), i a la badia de Fornells (Menorca; baix dreta).

Per últim, a les dues estacions addicionals mostrejades a la massa d'aigua IB-2 (fig. 70) per avaluar el possible efecte de la intensificació de les pressions antròpiques en els últims anys (posteriors a l'informe de pressions de Reviriego *et al.* 2008), no s'ha detectat una degradació de les comunitats litorals. Al Caló d'en Real (502) i a la cala Vedella (501) s'han trobat comunitats en bon estat (categories 1 i 2).



Figura 70. Situació de les estacions a cala Vedella i Caló d'en Real a Eivissa dins de la massa d'aigua IB-2.

CONCLUSIONS

- La metodologia BENTHOS confirma els resultats obtinguts mitjançant l'aplicació de la metodologia CARLIT. A la majoria de les àrees mostrejades s'han trobat comunitats dominades per espècies sensibles, indicadores de bona qualitat (categories 1 i 2), malgrat que es situin en masses d'aigua sotmeses a pressions antròpiques significatives.
- Només en una estació de la badia de Palma (13O2) i a dues de la badia de Sóller (8O1 i 8O2) s'ha trobat una substitució de les espècies sensibles per espècies més tolerants o indiferents (categoria 3), així com a una estació del port de Maó (16O1) on la comunitat és típica d'ambients alterats. Això confirma els resultats obtinguts amb la metodologia CARLIT, que malgrat avaluar en estat *Bo* a les masses d'aigua a les que pertanyen aquestes estacions, ha detectat comunitats alterades a la zona oest de la badia de Palma (MA-15) i al port de Maó (ME-3), i una baixada de categoria respecte a la prospecció de 2006 de *Molt bo* a *Bo* a la badia de Sóller (MA-4).
- Aquestes masses d'aigua (MA-4, MA-15 i ME-3) són heterogènies, es a dir, reben els impactes de forma desigual, i per tant, les categories de les comunitats trobades són variades dins d'una mateixa massa d'aigua.
- Tenint present els resultats obtinguts, es recomana:
 - Mantenir el seguiment de les estacions ja incloses dins de la xarxa operativa, modificant lleugerament la posició de les estacions 2O2 (Sta. Eulària), 13O1 i 13O4 (badia de Palma) mostrejades en ambients calcats.
 - Establir dins de la xarxa operativa el seguiment de les estacions mostrejades el 2006, per tal de cobrir el gradient complet des de les comunitats no alterades fins a les comunitats pertorbades, i aleshores, obtenir una bona representació de l'estat de les comunitats litorals a la totalitat de la costa balear.
 - La inclusió d'estacions noves a la badia de Sóller (situades cap a l'oest de les actuals) per avaluar fins a on arriba la degradació detectada a les comunitats en aquesta direcció.
 - Afegir estacions noves a les masses d'aigua de Santa Eulària (al sud-oest del port) per a veure si els efectes de les pressions estan provocant un deteriorament de les comunitats litorals.
- Per últim, els límits de la massa d'aigua molt modificada del port de Maó (ME-3) amb la massa d'aigua següent (ME-1C) potser haurien de ser redefinits, tal com ja s'ha comentat en la xarxa dels macroinvertebrats de fons tous i amb l'estudi de les macroalgues amb la metodologia CARLIT.

CONCLUSIONS GENERALS

Els 36 sectors de costa definits a la costa balear es troben en estat ecològic *Bo* o *Molt bo* quan s'avaluen utilitzant les macroalgues del litoral rocós, i 19 quan s'avaluen utilitzant els macroinvertebrats bentònics de fons tous infralitorals (veure fig. 71-73). Cal tenir en compte que utilitzant els macroinvertebrats, 10 sectors no s'han pogut avaluar per manca de sorres fines, essent el més llarg el corresponent a tot el nord nord-est de Menorca.

Els 5 sectors de costa classificats en estat *Moderat* segons els macroinvertebrats de fons tous (fracció de 500 µm) són la part nord de la serra de Tramuntana (MA-3B), la badia de Pollença (MA-5), Cabrera (MA-12), la badia de Fornells (ME-2) i el port de Maó (ME-3).

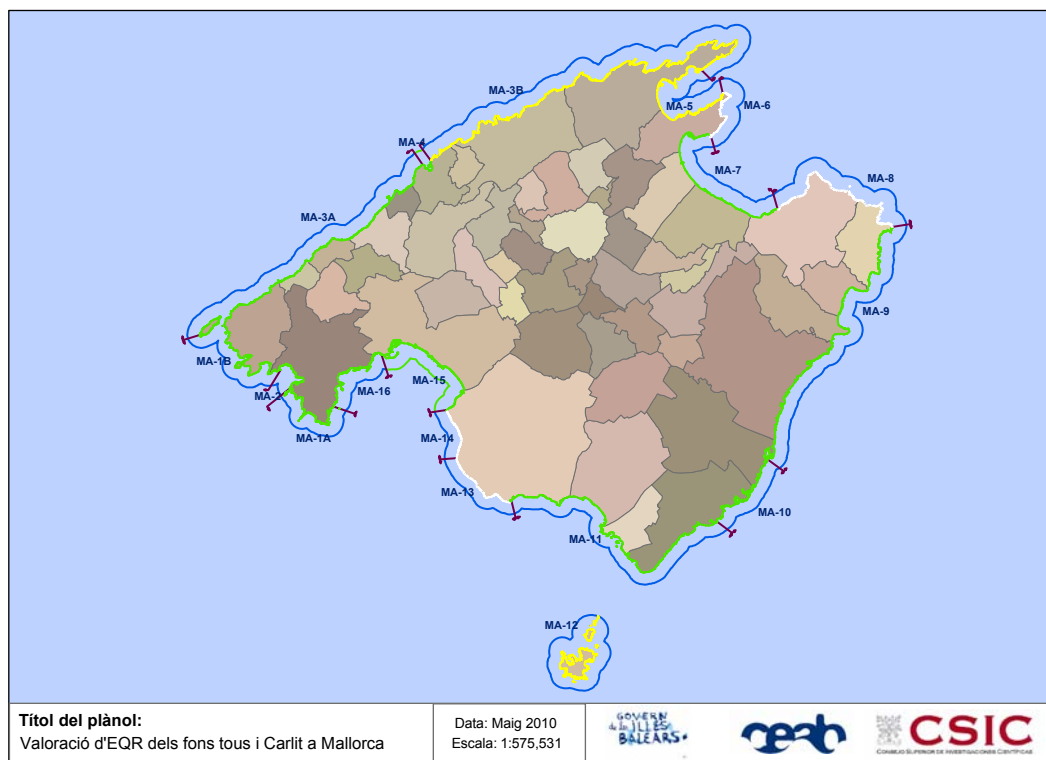


Figura 71. Estat ecològic dels sectors de costa a Mallorca i Cabrera segons els macroinvertebrats bentònics (índex MEDOCC, mostreig de 2007 i fracció de 500 µm; línia interna) i les macroalgues (metodologia CARLIT, mostreig de 2009; línia externa). Les línies en blanc indiquen les masses no avaluades.

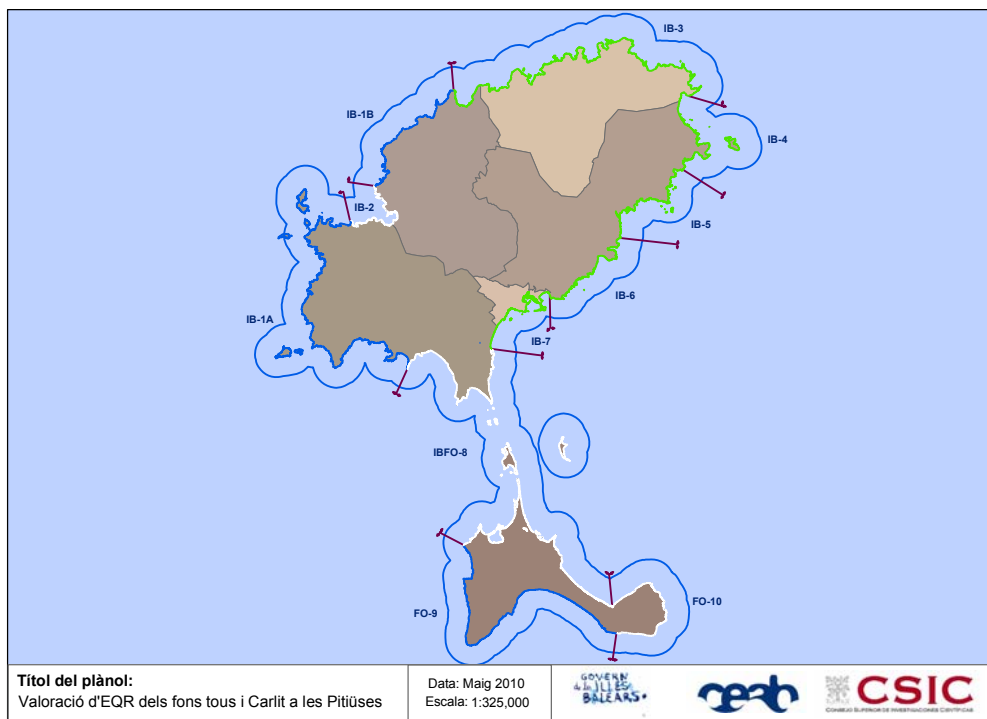


Figura 72. Estat ecològic dels sectors de costa a Eivissa i Formentera segons els macroinvertebrats bentònics (índex MEDOCC, mostreig de 2007 i fracció de 500 µm; línia interna) i les macroalgues (metodologia CARLIT, mostreig de 2009; línia externa). Les línies en blanc indiquen les masses no avaluades.

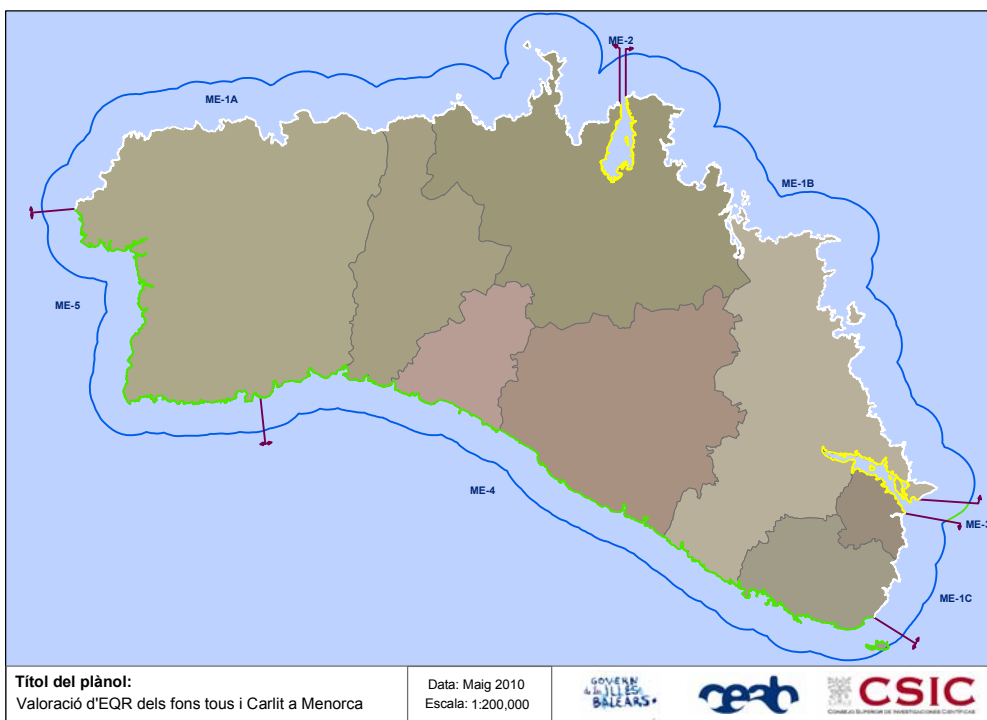


Figura 73. Estat ecològic dels sectors de costa a Menorca segons els macroinvertebrats bentònics (índex MEDOCC, mostreig de 2007 i fracció de 500 µm; línia interna) i les macroalgues (metodologia CARLIT, mostreig de 2009; línia externa). Les línies en blanc indiquen les masses no avaluades.

Els fons tous de les aigües obertes de les Illes Balears presenten certes particularitats, com ara l'elevada abundància d'espècies tolerants i la tendència cap a una menor abundància d'espècies sensibles, fins i tot, a zones on no existeixen pressions antròpiques i que presenten una bona qualitat fisicoquímica al sediment. Aquestes particularitats semblen relacionades amb el fet que a Balears són freqüents els ambients alterats de manera natural degut a les abundants restes vegetals (principalment de *Posidonia oceanica*, material poc compactat i molt refractari). Aquest és el cas dels sectors de costa de la serra de Tramuntana (MA-3B) i de Cabrera (MA-12). En menor grau, aquest és també el cas de la badia de Pollença (MA-5) on les pressions antròpiques són escasses però presents. Per a cadascun d'aquests sectors de costa s'ha avaluat només una estació, essent el seu estat *Moderat* degut a l'abundància del bivalve tolerant *Loripes lacteus*, els reclutes del qual es perden quan s'utilitza la malla de 1000 µm en comptes de la de 500 µm, el que fa que MA-3B passi a un estat *Bo* i MA-12 a *Molt bo*. Només l'estació de la badia de Pollença conserva el seu estat *Moderat*, degut a que s'hi troben adults de *Loripes lacteus* que no es perden amb el canvi de malla.

L'estat *Moderat* de la badia de Fornells (ME-2) segons els macroinvertebrats bentònics ve donat només per una estació d l'interior de la badia (la resta no s'ha pogut avaluar per presentar sorres gruixudes), mentre que s'obté un estat *Molt bo* segons l'avaluació en continu de tota la costa utilitzant les macroalgues. Es tracta d'una badia confinada, sotmesa a escasses pressions antròpiques (artificialització costanera i ús agropecuari del sòl), però a la part interior de la qual es concentren alts nivells de matèria orgànica i metalls als sediments, que provoquen una alteració de les comunitats de macroinvertebrats (dominància d'espècies tolerants i oportunistes). No obstant, una part important dels alts continguts de matèria orgànica al sediment que causen aquesta alteració té un origen natural, procedent de les abundants restes de macroalgues i fanerògames marines que s'acumulen en el fons d'aquesta badia. Tanmateix, les comunitats de *Cystoseira* de mode calmat i de *Cymodocea nodosa*, que es desenvolupen tant a la part més interior com a la més exterior de la badia, donen a aquesta massa d'aigua el valor màxim d'EQR, i per tant, un estat ecològic *Molt bo*. Atenent a la seva singularitat, es proposa que la badia de Fornells sigui considerada com a tipus *indret tancat amb escassa renovació*, pel que caldria definir un potencial ecològic diferent al de l'estat ecològic de les aigües obertes.

El port de Maó (ME-3) és una *massa d'aigua molt modificada* per la qual encara s'ha de definir un potencial ecològic. Esta sotmesa a nombroses pressions antròpiques, i es classifica en estat *Moderat* segons els macroinvertebrats bentònics i *Bo* segons les macroalgues. En els fons tous d'aquesta zona confinada es concentren alts nivells de matèria orgànica i metalls, que provoquen una alteració de les comunitats de macroinvertebrats (dominància d'espècies tolerants i oportunistes). Aquests alts continguts de matèria orgànica al sediment tenen un origen en part antròpic i en part

natural (degut a l'acumulació d'abundants restes vegetals). Tanmateix, la substitució de *Cystoseira stricta* per *Corallina-Halimnion* a les zones anteriors a la sortida del port sembla relacionada amb l'efecte de les pressions antròpiques. No obstant, l'efecte de les pressions antròpiques no arriba fins al límit sud de la massa d'aigua, ja que a la cala Sant Esteve la qualitat fisicoquímica és bona, la comunitat de macroinvertebrats ja és semblant a la de les aigües obertes (trobat-se en un estat ecològic *Bo*, encara que al límit amb l'estat ecològic *Moderat*), i la comunitat algal està dominada per *Cystoseira stricta* (metodologies CARLIT i BENTHOS). Per tant, es considera la possibilitat de redefinir els límits d'aquesta massa d'aigua amb la següent (ME-1C). No obstant, abans de prendre aquesta decisió s'han de tenir en compte els resultats obtinguts segons altres elements biològics de qualitat diferents dels considerats en aquest informe.

Per últim, cal destacar les particularitats d'altres masses d'aigua en estat *Bo* segons les macroalgues de substrat rocós, que són la badia de Sóller (MA-4) i la badia de Palma (MA-15). En aquestes masses d'aigua, amb la metodologia BENTHOS s'han trobat comunitats algals dominades per espècies sensibles en unes zones i per espècies més tolerants en altres, el que reflexa que reben els impactes de forma desigual.

A la badia de Sóller (MA-4), segons les macroalgues s'ha detectat un descens de l'estat de *Molt bo* al 2006 a *Bo*, i segons els macroinvertebrats es troba en estat *Bo* però, a diferència del mostreig de 2005, inclou una estació en un estat ecològic *Moderat*. Aquesta petita badia és una zona tancada, sota la influència d'un port i d'altres pressions antròpiques, on aquest any s'han trobat alts nivells de matèria orgànica i metalls als sediments no detectats durant l'any 2005. Aquests canvis de qualitat fisicoquímica i d'estats ecològics respecte als anys 2006 (macroalgues) i 2005 (macroinvertebrats) poden estar relacionats amb les obres d'ampliació del port realitzades durant el 2006. No obstant, i pel que fa a les macroalgues, la limitació en el desenvolupament de la comunitat de *Cystoseira* pot ser, en part, natural degut a que la presència de penya-segats mitjans, amb escàs substrat horitzontal, impedeix el creixement d'un horitzó continu de *Cystoseira*. Es recomana fer un seguiment més exhaustiu d'aquesta massa d'aigua en els pròxims anys davant un possible empitjorament del seu estat ecològic.

La badia de Palma és la massa d'aigua més antropitzada, tot i això, es troba en estat *Bo* (propers al *Molt bo*) segons les macroalgues i en estat *Bo* segons els macroinvertebrats. Pel que fa a les macroalgues, la substitució de *Cystoseira stricta* per *Corallina-Halimnion* a zones properes al port sembla relacionada amb l'efecte les pressions antròpiques.

Malgrat que al llarg d'aquest informe s'han considerat separatament els diferents sectors (A, B i C) de les masses d'aigua per avaluar el seu estat ecològic, només a la massa d'aigua MA-3 s'han assolit diferents estats ecològics entre els sectors considerats. No obstant, aquests resultats només s'han observat segons els macroinvertebrats (amb la fracció de 500 µm). Per tant, això reflexa l'avantatge integradora d'una metodologia de mostreig en continu (CARLIT) respecte a una metodologia de mostreig puntual (índex MEDOCC i metodologia BENTHOS).

Pel que fa als fons tous de les Illes Balears, destaquen les següents qüestions metodològiques:

- Als fons tous de la costa balear sembla difícil separar els canvis en la comunitat de macroinvertebrats deguts a l'enriquiment orgànic d'origen natural i antròpic. Aquesta abundància de matèria orgànica autòctona determina que continguts entre el 2-3% no provoquen cap alteració en les comunitats de macroinvertebrats. En canvi, quan aquesta matèria orgànica té un origen mixt (antròpic i autòcton), el líndar de matèria orgànica del 3%, provoca canvis cap a comunitats dominades per espècies tolerants i oportunistes (estat ecològic *Moderat*).
- Atenent a les particularitats dels fons tous de les Illes Balears es va escollir una condició de referència amb un valor de MEDOCC de 0,5, que es correspon amb una composició d'un 80% d'espècies sensibles, 15% d'espècies indiferents, i 5% d'espècies tolerants.
- Per a futurs estudis, creiem que es podria treballar amb la malla de 1000 µm, en substitució de la malla de 500 µm. Això, no només facilita les tasques de identificació, si no que es perden principalment els reclutes del bivalve tolerant *Loripes lacteus*, la qual cosa té dos avantatges. Per una banda, s'evita que donin informació esbiaixada de l'estat ecològic de l'indret estudiat (tenint en compte que es tracta d'una espècie tolerant), ja que aquests petits individus no sempre arriben a adults. Per altra banda, s'elimina la dificultat de diferenciar entre juvenils (de mida petita) de *Loripes lacteus* (tolerant) i *Lucinella divaricata* (sensible). Tot i que s'hauria fer un segon estudi comparant els resultats entre les fraccions de 1000 µm i 500 µm, per garantir la fiabilitat d'aquests resultats.
- L'avaluació de l'estat ecològic segons l'índex BOPA no classifica cap estació en un estat ecològic *Moderat*, a diferència de les valoracions obtingudes segons l'índex MEDOCC. Per tant, no és capaç de detectar les zones més alterades, donant una sobrevaloració que podria portar a una reducció dels esforços de millora de la qualitat ambiental necessaris, i no es recomana la seva utilització.

BIBLIOGRAFIA

Andrews J. E., Greenaway A. M., Dennis P. F. (1998) Combined carbon isotope and C/N ratios as indicators of source and fate of organic matter in a poorly flushed, tropical estuary: Hunts Bay, Kingston Harbour, Jamaica. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 46: 743-756.

Arévalo R., Pinedo S., Ballesteros E. (2007) Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 104-113.

Ballesteros E. (1992). Els vegetals i la zonació litoral. Espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Arxius de la Secció de Ciències 101, Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, Spain. 587 pp.

Ballesteros E., Torras X., Pinedo S., García M., Mangialajo L., de Torres M. (2007) A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 172-180.

Borja A., Franco J., Pérez V. (2000) A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100-1114.

Cardona L., Revelles M., Sales M., Aguilar A., Borrell A. (2007) Meadows of the seagrass *Posidonia oceanica* are a significant source of organic matter for adjoining ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 335: 123-131.

Como S., Magni P., Casu D., Floris A., Giordani G., Natale S., Fenzi G.A., Signa G., De Falco G. (2007) Sediment characteristics and macrofauna distribution along a human-modified inlet in the Gulf of Oristano (Sardinia, Italy). *Marine Pollution Bulletin*, 54: 733-744

Dauby P. (1989) The stable carbon isotope ratios in benthic food webs of the Gulf of Calvi, Corsica. *Continental Shelf Research*, 9: 181-195.

Dauvin J.C. & Ruellet T. (2007) Polychaete/amphipod ratio revisited. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 215-224.

- De Cáceres M., Oliva F., Font X., Vives S. (2007) GINKGO, a program for non-standard multivariate fuzzy analysis. *Adv Fuzzy Sets Sys*, 2: 41–56
- Enriquez S., Duarte C.M., Sand-Jensen K. (1993) Patterns in decomposition rates among photosynthetic organisms: the importance of detritus C:N:P content. *Oecologia*, 94: 457-471.
- Filella I. & Peñuelas J. (2003) Partitioning of water and nitrogen in co-occurring Mediterranean woody shrub species of different evolutionary history. *Oecologia*, 137: 51-61
- Fourqurean J.W., Marbà N., Duarte C.M., Diaz-Almela E., Ruiz-Halpern S. (2006). Spatial and temporal variation in the elemental and stable isotopic content of the seagrass *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* from the Illes Balears, Spain. *Marine Biology*, 151: 219-232.
- Glemarec M. & Hily C. (1981) Effects of urban and industrial discharges on the benthic macrofauna in the Bay of Concarneau. *Acta Oecologica*, 2 (2): 139-150.
- Gómez Gesteira J. L. & Dauvin J. C. (2000). Amphipods are good bioindicators of the impact of oil spills on soft-bottom macrobenthic communities. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (11): 1017-1027.
- Harmelin-Vivien, M., Loizeau V., Mellon C., Beker B., Arlhac D., Bodiguel X., Ferraton F., Hermand R., Philippon X., Salen-Picard C. (2008) Comparison of C and N stable isotope ratios between surface particulate organic matter and microphytoplankton in the Gulf of Lions (NW Mediterranean). *Continental Shelf Research*, 28: 1911-1919.
- Holmer, M. Duarte C.M., Boschker H.T.S., Barrón C. (2004) Carbon cycling and bacterial carbon sources in pristine and impacted Mediterranean seagrass sediments. *Aquatic Microbial Ecology*, 36: 227-237.
- Hily C. (1984) Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. Ph D Thesis, Université Bretagne Occidentale. Vol 1, 359 pp. Vol 2, 337 pp.
- Hily C., Le Bris H., Glémarec M. (1986) Impacts biologiques des émissaires urbains sur les écosystèmes benthiques. *Oceanis*, 12: 419-426.

- Hyland J., Balthis L., Karakassis I., Magni P., Petrov A., Shine J., Vestergaard O., Warwick R. (2005) Organic carbon content of sediments as an indicator of stress in the marine benthos. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 91-103
- Jennings S., Reñones O., Morales-Nin B., Polunin N.V.C., Moranta J., Coll J. (1997) Spatial variation in the ^{15}N and ^{13}C stable isotope composition of plants, invertebrates and fishes on Mediterranean reefs: implications for the study of tropic pathways. *Marine Ecology Progress Series*, 146: 109-116
- Kendall C., Elliot E.M., Wankel S.D. (2007) Tracing anthropogenic inputs of nitrogen to ecosystems. In: *Stable Isotopes in Ecology and Environmental Science*. Ed.: Michener R. & Lajtha K. pp. 375-435.
- Long E.R., MacDonald D.D., Smith S.L., Calder F.D. (1995) Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, 19 (1): 81-97.
- Pearson T. H. & Rosenberg R. (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229-311.
- Pinedo S., Garcia M., Satta M.P., de Torres M., Ballesteros E. (2007) Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 126-135.
- Pinedo S. & Jordana E. (2008). Spain (Catalonia and Balearic Islands). In Carletti A. & A-S. Heiskanen (eds), *Water Framework Directive Intercalibration Technical Report. Part 3: Coastal and Transitional waters*. JRC Scientific and technical reports: 62-70. JRC & ies.
- Reviriego B., Pozo M., Alomar G., Mir F. (2008) Análisis detallado de presiones en aguas costeras de las Islas Baleares. Govern de les Illes Balears, Consellleria de Medi Ambient, Mallorca. 176 pp.
- Tesi T., Miserocchi S., Goñi M.A., Langone L., Boldrin A., Turchetto M. (2007). Organic matter origin and distribution in suspended particulate materials and surficial sediments from the western Adriatic Sea (Italy). *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 73: 431-446.

Vitòria L., Otero N., Soler A., Canals A. (2004) Fertilizer characterisation: isotopic data (N, S, O, C and Sr). *Environmental Science & Technology*, 38: 3254–3262.

Vizzini S. & Mazzola A. (2004) Stable isotope evidence for the environmental impact of a land-based fish farm in the western Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 49: 61-70

Vizzini S. & Mazzola A. (2006) Sources and transfer of organic matter in food webs of a Mediterranean coastal environment: evidence for spatial variability. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 66: 459–467.

ANNEX I. TAULES

Taula 1. Llistat d'espècies que suposen entre el 50-90% de l'abundància total per estació quan es considera la fracció de 500 µm i la de 1000 µm. Mostreigs de 2007 i 2009 (56 estacions).

Illla	Estació	Codi	Espècies (500)	Espècies (1000)
Eivissa	Port de Sant Miquel	1	<i>Apseudes latreilli</i> (41,6%) <i>Loripes lacteus</i> (11,8%) <i>Pseudocuma longicornis</i> (8,7%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (7,4%)	<i>Apseudes latreilli</i> (23,1%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (16,9%) <i>Tellina donacina</i> (12,3%) <i>Gouldia minima</i> (6,2%)
	Cala Sant Vicent	3	<i>Loripes lacteus</i> (33,8%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (11,9%) <i>Apseudes latreilli</i> (11,6%) <i>Tellina donacina</i> (8,6%)	<i>Loripes lacteus</i> (36,7%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (16,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (12,2%) <i>Paradoneis armata</i> (8,9%)
	Sta. Eulària -Ses Roquetes	6	<i>Loripes lacteus</i> (23,7%) <i>Tellina donacina</i> (12,4%) <i>Tellina pulchella</i> (7,0%) <i>Cylichna umbilicata</i> (6,2%) <i>Apseudes latreilli</i> (5,9%)	<i>Spisula subtruncata</i> (19,3%) <i>Loripes lacteus</i> (17,0%) <i>Dosinia lupinus</i> (11,4%) <i>Myrtea spinifera</i> (11,4%)
	Cala Llonga	7	<i>Ampelisca brevicornis</i> (18,5%) <i>Paradoneis armata</i> (17,4%) <i>Loripes lacteus</i> (12,0%) <i>Periculodes longimanus</i> (6,6%)	<i>Ampelisca brevicornis</i> (30,8%) <i>Paradoneis armata</i> (7,7%) <i>Chamelea gallina</i> (6,4%) <i>Magelona equilamelae</i> (6,4%)
	Cala Roja (nord)	8	<i>Loripes lacteus</i> (29,3%) <i>Ostracoda sp1</i> (20,5%) <i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (15,3%) <i>Cylichna umbilicata</i> (7,2%)	<i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (37,5%) <i>Tellina pulchella</i> (8,3%) <i>Apseudes latreilli</i> (6,3%) <i>Loripes lacteus</i> (6,3%)
	Platja d'en Bossa	10	<i>Pseudocuma longicornis</i> (53,7%) <i>Loripes lacteus</i> (24,1%) <i>Capitella capitata</i> (9,3%) <i>Periculodes longimanus</i> (5,6%)	<i>Pseudocuma longicornis</i> (45%) <i>Loripes lacteus</i> (25%) <i>Capitella capitata</i> (17,5%) <i>Periculodes longimanus</i> (5%)
Formentera	Caló d'en Trull / Cala Saona	16	<i>Ostracoda sp1</i> (19,5%) <i>Loripes lacteus</i> (10,6%) <i>Cylichna umbilicata</i> (5,7%) <i>Pusillina spp.</i> (5,7%) <i>Apseudes latreilli</i> (4,9%) <i>Myrtea spinifera</i> (4,9%)	<i>Myrtea spinifera</i> (19,4%) <i>Notocirrus scoticus</i> (9,7%) <i>Scolaricia typica</i> (9,7%) <i>Spio decoratus</i> (9,7%) <i>Cylichna umbilicata</i> (6,5%)
Eivissa	Sa Caixota	17	<i>Ampelisca brevicornis</i> (37,9%) <i>Loripes lacteus</i> (10,5%) <i>Tellina donacina</i> (6,4%) <i>Paradoneis armata</i> (6,1%)	<i>Ampelisca brevicornis</i> (50,4%) <i>Myrtea spinifera</i> (11,5%) <i>Tellina donacina</i> (8,4%) <i>Paradoneis armata</i> (5,3%)
	Cala Tarida	18	<i>Gouldia minima</i> (11,7%) <i>Loripes lacteus</i> (10,3%) <i>Apseudes latreilli</i> (9,7%) <i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (9,0%) <i>Periculodes longimanus</i> (9,0%) <i>Myrtea spinifera</i> (7,6%)	<i>Apseudes latreilli</i> (17,1%) <i>Myrtea spinifera</i> (11,4%) <i>Tellina donacina</i> (11,4%) <i>Aponuphis bilineata</i> (8,6%) <i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (5,7%)
	Ses Balandres	22	<i>Ampelisca brevicornis</i> (65,7%) <i>Loripes lacteus</i> (8,8%) <i>Apseudes latreilli</i> (4,8%) <i>Gouldia minima</i> (4,0%)	<i>Ampelisca brevicornis</i> (81,4%) <i>Apseudes latreilli</i> (4,9%) <i>Hippomedon ambiguus</i> (2,3%) <i>Paradoneis armata</i> (1,9%)
Mallorca	Cala Murta	25	<i>Loripes lacteus</i> (34,7%) <i>Paradoneis armata</i> (33,2%) <i>Iphinoe trispinosa</i> (12,9%) <i>Pseudocuma longicornis</i> (4,3%)	<i>Loripes lacteus</i> (39,5%) <i>Paradoneis armata</i> (26,8%) <i>Iphinoe trispinosa</i> (14,9%) <i>Tellina donacina</i> (3,4%)
	Badia de Pollença - el Caló	27	<i>Loripes lacteus</i> (73,8%) <i>Paradoneis armata</i> (4,2%) <i>Nephtys hombergi</i> (3,9%) <i>Periculodes longimanus</i> (3,7%)	<i>Loripes lacteus</i> (73,0%) <i>Nephtys hombergi</i> (7,3%) <i>Tellina donacina</i> (5,1%) <i>Paradoneis armata</i> (2,2%)
	Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	<i>Nephtys spp.</i> (36,1%) <i>Periculodes longimanus</i> (6,1%) <i>Magelona mirabilis</i> (3,9%) <i>Musculus costulatus</i> (3,9%)	<i>Nephtys spp.</i> (23,5%) <i>Musculus costulatus</i> (8,2%) <i>Magelona mirabilis</i> (7,1%) <i>Sigalion mathildae</i> (5,9%) <i>Mactra stultorum</i> (4,7%) <i>Aponuphis bilineata</i> (3,5%)
	Badia d'Alcúdia - Platja de sa Canova	31	<i>Loripes lacteus</i> (61,1%) <i>Dosinia lupinus</i> (5,9%) <i>Paradoneis armata</i> (5,3%) <i>Myrtea spinifera</i> (5,1%)	<i>Loripes lacteus</i> (21,7%) <i>Dosinia lupinus</i> (16,7%) <i>Myrtea spinifera</i> (15,8%) <i>Paradoneis armata</i> (5,8%)
	Canyamel	34	<i>Paradoneis armata</i> (12,4%) <i>Loripes lacteus</i> (10,6%) <i>Periculodes longimanus</i> (10,6%) <i>Magelona mirabilis</i> (8,8%)	<i>Magelona mirabilis</i> (15%) <i>Aponuphis bilineata</i> (10%) <i>Iphinoe tenella</i> (10%) <i>Periculodes longimanus</i> (10%)

Illla	Estació	Codi	Espècies (500)	Espècies (1000)
			<i>Megaluropus monasteriensis</i> (7,1%) LINEIDAE (4,4%)	<i>Paradoneis armata</i> (7,5%)
	Cala Petita	35	<i>Loripes lacteus</i> (23,5%) <i>Paradoneis armata</i> (12,5%) <i>Exogone verugera</i> (10,0%) <i>Periculodes longimanus</i> (9,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (32%) <i>Exogone verugera</i> (9,33%) <i>Crangon crangon</i> (8%) <i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (5,33%)
	Cala d'Or	36	<i>Loripes lacteus</i> (53,0%) <i>Apseudes latreillii</i> (11,4%) <i>Paradoneis armata</i> (7,9%) <i>Owenia fusiformis</i> (6,2%)	<i>Loripes lacteus</i> (38,4%) <i>Apseudes latreillii</i> (11,3%) <i>Paradoneis armata</i> (9,6%) <i>Owenia fusiformis</i> (7,3%)
	Cala Mondragó	37	<i>Loripes lacteus</i> (69,1%) <i>Tellina donacina</i> (5,5%) <i>Myrtea spinifera</i> (3,6%) <i>Paradoneis armata</i> (2,7%)	<i>Loripes lacteus</i> (23,3%) <i>Tellina donacina</i> (20,5%) <i>Myrtea spinifera</i> (16,4%) <i>Lucinella divaricata</i> (9,6%)
	Cala Llombards	38	<i>Loripes lacteus</i> (59,9%) <i>Tellina donacina</i> (5,9%) <i>Lucinella divaricata</i> (4,2%) <i>Ostracoda sp1</i> (4,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (44,2%) <i>Lucinella divaricata</i> (13,8%) <i>Tellina donacina</i> (10,1%) <i>Dosinia lupinus</i> (3,6%)
Cabrera	Cabrera - l'Olla	40	<i>Loripes lacteus</i> (73,4%) <i>Apherusa alacris</i> (3,2%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (2,0%) <i>Chamelea gallina</i> (2,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (29,1%) <i>Chamelea gallina</i> (12,8%) <i>Bathyporeia guilliamsoniana</i> (9,3%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (5,8%)
Mallorca	Badia de Palma – S'Arenal	47	<i>Aricidea capensis bansei</i> (18,4%) <i>Loripes lacteus</i> (15,6%) <i>Paradoneis armata</i> (7,8%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (6,1%) <i>Apseudes latreillii</i> (4,2%)	<i>Loripes lacteus</i> (19,7%) <i>Aricidea capensis bansei</i> (12,9%) <i>Paradoneis armata</i> (9,0%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (8,4%)
	Badia de Palma - Can Pastilla	48	<i>Loripes lacteus</i> (29,5%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (13%) NEMERTEA (6%) <i>Gouldia minima</i> (4,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (41,0%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (16,2%) NEMERTEA (4,8%) <i>Apseudes latreillii</i> (2,9%)
	Badia de Palma - Cala Major	49	<i>Loripes lacteus</i> (54,3%) <i>Paradoneis armata</i> (6,8%) <i>Aora spinicornis</i> (3,8%) <i>Acanthocardia paucicostata</i> (3,2%)	<i>Loripes lacteus</i> (25%) <i>Paradoneis armata</i> (14,3%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (8,33%) <i>Aora spinicornis</i> (7,1%)
	Badia de Palma - Cala Vinyes	50	<i>Loripes lacteus</i> (37,1%) <i>Apseudes latreillii</i> (19,4%) <i>Paradoneis armata</i> (19,3%) <i>Spiochaetopterus solitarius</i> (3,4%)	<i>Loripes lacteus</i> (36,0%) <i>Apseudes latreillii</i> (18,0%) <i>Paradoneis armata</i> (11,6%) <i>Spiochaetopterus solitarius</i> (6,1%)
	Badia de Palma - Ca l'Aixada	51	<i>Loripes lacteus</i> (60,8%) <i>Exogone hebes</i> (9,0%) <i>Paradoneis armata</i> (7,0%) <i>Lucinella divaricata</i> (3,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (48,8%) <i>Exogone hebes</i> (12,0%) <i>Lucinella divaricata</i> (8,3%) <i>Paradoneis armata</i> (6,6%)
	Platja de Sta. Ponça	53	<i>Loripes lacteus</i> (33,7%) <i>Paradoneis armata</i> (15,7%) <i>Tellina donacina</i> (7,8%) <i>Periculodes longimanus</i> (5,7%)	<i>Loripes lacteus</i> (34,6%) <i>Tellina donacina</i> (10,7%) <i>Paradoneis armata</i> (8,2%) <i>Periculodes longimanus</i> (5,3%)
	Peguera Palmira	54	<i>Loripes lacteus</i> (38,1%) <i>Paradoneis armata</i> (14,6%) <i>Tellina donacina</i> (5,1%) <i>Dosinia lupinus</i> (3,6%)	<i>Loripes lacteus</i> (21,8%) <i>Tellina donacina</i> (10,6%) <i>Dosinia lupinus</i> (9,9%) <i>Paradoneis armata</i> (8,5%)
	Cala en Cranc	55	<i>Loripes lacteus</i> (39,0%) <i>Squilla sp.</i> (12,3%) <i>Aricidea capensis bansei</i> (8,2%) <i>Paradoneis armata</i> (6,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (39,3%) <i>Squilla sp.</i> (12,5%) <i>Tellina donacina</i> (10,7%) <i>Scolaricia typica</i> (4,5%)
	Sant Elm	56	<i>Loripes lacteus</i> (49,9%) <i>Paradoneis armata</i> (17,0%) <i>Lucinella divaricata</i> (6,7%) <i>Tellina donacina</i> (2,6%)	<i>Loripes lacteus</i> (57,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (10,9%) <i>Paradoneis armata</i> (4,4%) <i>Tellina donacina</i> (3,4%)
	Cala Deià	58	<i>Dispio sp.</i> (39,6%) <i>Spio decoratus</i> (16,7%) <i>Bodotria scorioides</i> (10,4%) <i>Pontocrates altamarinus</i> (6,3%)	<i>Dispio sp.</i> (61,5%) <i>Aponuphis bilineata</i> (7,7%) <i>Crangon crangon</i> (7,7%) CYPRIDINIDAE (7,7%)
	Port Sóller (Cap Gros / far)	59	<i>Spio decoratus</i> (27,1%) <i>Paradoneis armata</i> (15,7%) <i>Apseudes latreillii</i> (9,1%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (7,7%)	<i>Spio decoratus</i> (14,3%) <i>Paradoneis armata</i> (12,9%) <i>Euclymene oesterdi</i> (12,2%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (11,6%)
	Platja Sóller	60	<i>Spio decoratus</i> (28,0%) <i>Capitella capitata</i> (12,2%) <i>Paradoneis armata</i> (12,0%) <i>Loripes lacteus</i> (10,8%)	<i>Loripes lacteus</i> (39,7%) <i>Paradoneis armata</i> (13,2%) <i>Spio decoratus</i> (10,3%) <i>Capitella capitata</i> (7,4%)

Illa	Estació	Codi	Espècies (500)	Espècies (1000)
Menorca	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	<i>Loripes lacteus</i> (19,8%) <i>Abra alba</i> (14,7%) <i>Corbula gibba</i> (9,3%) <i>Lumbrineris sp1</i> (4,7%) <i>Galathowenia oculata</i> (4,3%)	<i>Loripes lacteus</i> (24,2%) <i>Abra alba</i> (18,0%) <i>Corbula gibba</i> (11,4%) <i>Galathowenia oculata</i> (4,7%)
	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	<i>Fabriciella tonerella</i> (14,2%) <i>Galathowenia oculata</i> (10,7%) <i>Micronephthys maryae</i> (8,6%) <i>Leiochrides fauveli</i> (7,8%) <i>Prionospio fallax</i> (5,9%) <i>Cumella limicola</i> (5,2%)	<i>Leiochrides fauveli</i> (11,1%) <i>Micronephthys maryae</i> (9,5%) <i>Prionospio fallax</i> (7,2%) <i>Fabriciella tonerella</i> (6,4%) <i>Cumella limicola</i> (4,0%) NEMATODA (3,6%) <i>Chaetozona setosa</i> (2,7%) <i>Notomastus latericeus</i> (2,7%) <i>Paradoneis armata</i> (2,6%) <i>Galathowenia oculata</i> (2,5%)
	Port de Maó - Illa Plana	69	<i>Micronephthys maryae</i> (16,4%) <i>Leptochelia savigny</i> (11,8%) <i>Microdeutopus versiculatus</i> (10,1%) <i>Leiochrides fauveli</i> (7,0%) <i>Prionospio fallax</i> (6,7%)	<i>Micronephthys maryae</i> (11,8%) <i>Leiochrides fauveli</i> (10,3%) <i>Anapagurus laevis</i> (9,4%) <i>Leptochelia savigny</i> (7,9%) <i>Microdeutopus versiculatus</i> (6,7%) <i>Prionospio fallax</i> (6,3%)
	Port de Maó - Cala Llonga	70	<i>Micronephthys maryae</i> (19,2%) <i>Prionospio fallax</i> (9,9%) <i>Prionospio cirrifer</i> (6,9%) <i>Lumbrineris sp1</i> (5,5%) NEMATODA (5,4%) <i>Praxillella lophoseta</i> (4,7%)	<i>Micronephthys maryae</i> (12,3%) <i>Praxillella lophoseta</i> (7,3%) <i>Prionospio fallax</i> (7,1%) <i>Amphiura chiajei</i> (6,7%) <i>Leiochrides fauveli</i> (6,3%) <i>Lumbrineris sp1</i> (6,3%) <i>Prionospio cirrifer</i> (5,2%)
	Port de Maó - Cala Rata	71	NEMATODA (28,9%) <i>Prionospio fallax</i> (14,2%) <i>Lumbrineris sp1</i> (10,0%) <i>Micronephthys maryae</i> (9,8%)	NEMATODA (35,3%) <i>Lumbrineris sp1</i> (11,2%) <i>Prionospio fallax</i> (10,9%) <i>Corbula gibba</i> (5,8%)
	Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	<i>Paradoneis armata</i> (30,9%) <i>Apseudes latreillii</i> (19,2%) <i>Leptocheirus hirsutimanus</i> (5,9%) NEMATODA (5,4%)	<i>Apseudes latreillii</i> (27,8%) <i>Paradoneis armata</i> (15,3%) <i>Loripes lacteus</i> (9,7%) <i>Mastobranchus trinchesei</i> (9,7%)
	Cala Galdana	77	<i>Loripes lacteus</i> (71,0) <i>Apseudes latreillii</i> (7,9%) <i>Dosinia lupinus</i> (4,0%) <i>Paradoneis armata</i> (2,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (50,7%) <i>Apseudes latreillii</i> (9,0%) <i>Dosinia lupinus</i> (8,1%) <i>Tellina pulchella</i> (5,7%)
	Arenal son Saura	78	<i>Loripes lacteus</i> (75,5%) <i>Cylichna umbilicata</i> (4,1%) <i>Gouldia minima</i> (3,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (3,1%)	<i>Loripes lacteus</i> (64,3%) <i>Lucinella divaricata</i> (8,8%) <i>Myrtea spinifera</i> (5,5%) <i>Gouldia minima</i> (3,3%)
Illa	Transsecte	Codi	Espècies (500)	Espècies (1000)
Mallorca (port de S'Arenal)	Port (interior)	P1	OLIGOCHAETA (53,5%) <i>Loripes lacteus</i> (13,7%) <i>Parapionosyllis labronica</i> (10,6%) NEMERTEA (8,7%)	OLIGOCHAETA (60,1%) <i>Parapionosyllis labronica</i> (10,1%) <i>Loripes lacteus</i> (9,5%) NEMERTEA (7,6%)
	Port (mig)	P2	OLIGOCHAETA (23,5%) <i>Leptochelia savigny</i> (19,7%) <i>Neanthes caudata</i> (18,1%) <i>Loripes lacteus</i> (10,4%)	OLIGOCHAETA (23,6%) <i>Neanthes caudata</i> (19,3%) <i>Leptochelia savigny</i> (16,9%) <i>Loripes lacteus</i> (12,0%)
	Port (exterior)	P3	<i>Leptochelia savigny</i> (78,6%) <i>Caprella mitis</i> (7,4%) NEMATODA (2,3%) <i>Loripes lacteus</i> (1,6%)	<i>Leptochelia savigny</i> (76,7%) <i>Caprella mitis</i> (7,9%) <i>Loripes lacteus</i> (2,6%) NEMATODA (2,5%)
	Gradient 1 (bocana)	G1	<i>Loripes lacteus</i> (52,0%) <i>Donax trunculus</i> (15,3%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (7,3%) <i>Paradoneis armata</i> (7,3%)	<i>Loripes lacteus</i> (40,3%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (28,4%) <i>Donax trunculus</i> (12,3%) <i>Mastobranchus trinchesei</i> (8,2%)
	Gradient 2 (bocana)	G2	<i>Loripes lacteus</i> (30,7%) <i>Paradoneis armata</i> (27,9%) <i>Donax trunculus</i> (5,6%) <i>Spio decoratus</i> (3,1%)	<i>Paradoneis armata</i> (26,0%) <i>Loripes lacteus</i> (24,4%) <i>Malacoceros vulgaris</i> (6,1%) <i>Mastobranchus trinchesei</i> (6,1%)
	Gradient 3 (bocana)	G3	<i>Paradoneis armata</i> (57,9%) <i>Loripes lacteus</i> (13,2%) <i>Donax trunculus</i> (5,6%) <i>Nephtys hombergi</i> (4,6%)	<i>Paradoneis armata</i> (63,6%) <i>Loripes lacteus</i> (9,3%) <i>Nephtys hombergi</i> (8,4%) <i>Tellina serrata</i> (3,7%)

Illla	Transsecte	Codi	Espècies (500)	Espècies (1000)
Mallorca (port de S'Arenal)	Gradient 1	G4	<i>Loripes lacteus</i> (59,0%) <i>Donax trunculus</i> (10,8%) <i>Spio decorates</i> (5,2%) <i>Paradoneis armata</i> (4,8%)	<i>Loripes lacteus</i> (46,2%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (9,6%) <i>Mastobranchus trenchesi</i> (7,7%) <i>Dosinia lupines</i> (3,8%)
	Gradient 1	G5	<i>Loripes lacteus</i> (64,3%) <i>Spisula subtruncata</i> (9,1%) <i>Donax trunculus</i> (7,4%) <i>Spio decoratus</i> (2,8%)	<i>Loripes lacteus</i> (48,5%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (11,8%) <i>Donax trunculus</i> (10,3%) <i>Tellina serrata</i> (5,9%)
	Gradient 1	G6	<i>Loripes lacteus</i> (66,5%) <i>Donax trunculus</i> (13,2%) <i>Acanthocardia spp.</i> (3,0%) <i>Spisula subtruncata</i> (3,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (86,7%) <i>Donax trunculus</i> (4,8%) <i>Spisula subtruncata</i> (2,4%) TURBELLARIA (1,2%)
	Gradient 1	G7	<i>Loripes lacteus</i> (32,8%) <i>Spisula subtruncata</i> (21,6%) <i>Donax trunculus</i> (19,9%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (5,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (47,3%) <i>Spisula subtruncata</i> (17,0%) <i>Donax trunculus</i> (7,1%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (7,1%)
	Gradient 2	G8	<i>Loripes lacteus</i> (55,9%) <i>Donax trunculus</i> (11,0%) <i>Paradoneis armata</i> (5,9%) <i>Spisula subtruncata</i> (4,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (40,3%) <i>Mastobranchus trenchesi</i> (11,3%) <i>Donax trunculus</i> (6,5%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (4,8%)
	Gradient 2	G9	<i>Loripes lacteus</i> (61,1%) <i>Spisula subtruncata</i> (8,2%) <i>Donax trunculus</i> (6,5%) <i>Paradoneis armata</i> (4,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (39,7%) <i>Donax trunculus</i> (9,6%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (8,2%) <i>Paradoneis armata</i> (6,8%)
	Gradient 2	G10	<i>Loripes lacteus</i> (44,9%) <i>Donax trunculus</i> (11,0%) <i>Macra stultorum</i> (9,8%) <i>Spisula subtruncata</i> (6,9%)	<i>Loripes lacteus</i> (55,2%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (8,3%) <i>Donax trunculus</i> (6,3%) <i>Scolaricia typica</i> (5,2%)
	Gradient 3	G11	<i>Loripes lacteus</i> (80,2%) <i>Donax trunculus</i> (5,5%) <i>Macra stultorum</i> (2,5%) <i>Paradoneis armata</i> (2,0%)	<i>Loripes lacteus</i> (72,6%) <i>Diogenes pugilator</i> (5,3%) <i>Tellina fabula</i> (5,3%) <i>Donax trunculus</i> (2,1%)
	Gradient 3	G12	<i>Loripes lacteus</i> (55,6%) <i>Donax trunculus</i> (18,2%) <i>Macra stultorum</i> (3,8%) <i>Acanthocardia tuberculata</i> (2,4%)	<i>Loripes lacteus</i> (24,5%) <i>Macra stultorum</i> (14,3%) <i>Dosinia lupinus</i> (6,1%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (6,1%)
	Gradient 3	G13	<i>Loripes lacteus</i> (21,2%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (11,5%) <i>Hyale schmidtii</i> (8,8%) <i>Donax trunculus</i> (6,2%)	<i>Nephtys kersivalensis</i> (19,1%) <i>Hyale schmidtii</i> (17,0%) <i>Loripes lacteus</i> (17,0%) <i>Lophinoe trispinosa</i> (6,4%)

Taula 2. Llistat d'espècies que suposen entre el 50-90% de l'abundància total a cadascuna de les 32 estacions comunes als mostrejos de 2005 i 2007.

Illla	Estació	Codi	Espècies 2005	Espècies 2007
Eivissa	Port de Sant Miquel	1	<i>Spisula subtruncata</i> (17,3%) <i>Loripes lacteus</i> (12,9%) <i>Caecum</i> sp. (11,7%) <i>Tellina fabula</i> (9,4%)	<i>Apseudes latreilli</i> (41,6%) <i>Loripes lacteus</i> (11,8%) <i>Pseudocuma longicornis</i> (8,7%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (7,4%)
	Cala Sant Vicent	3	<i>Apseudes latreilli</i> (17,8%) <i>Spisula subtruncata</i> (16,4%) <i>Tellina fabula</i> (14,5%) <i>Loripes lacteus</i> (13,9%)	<i>Loripes lacteus</i> (33,8%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (11,9%) <i>Apseudes latreilli</i> (11,6%) <i>Tellina donacina</i> (8,6%)
	Sta. Eulària -Ses Roquetes	6	<i>Tellina fabula</i> (16,4%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (14,9%) <i>Lucinella divaricata</i> (12,5%) <i>Loripes lacteus</i> (8,9)	<i>Loripes lacteus</i> (23,7%) <i>Tellina donacina</i> (12,4%) <i>Tellina pulchella</i> (7,0%) <i>Cylichna umbilicata</i> (6,2%) <i>Apseudes latreilli</i> (5,9%)
	Cala Llonga	7	<i>Tellina fabula</i> (18,2%) <i>Loripes lacteus</i> (14,5%) <i>Paradoneis armata</i> (10,7%) <i>Aricidea capensis bansei</i> (7,2%)	<i>Ampelisca brevicornis</i> (18,5%) <i>Paradoneis armata</i> (17,4%) <i>Loripes lacteus</i> (12,0%) <i>Perioculodes longimanus</i> (6,6%)
	Cala Roja (nord)	8	<i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (24,8) <i>Caecum</i> sp. (12,4) <i>Apseudes latreilli</i> (11,1%) <i>Cylichna umbilicata</i> (8,1) <i>Loripes lacteus</i> (7,3%)	<i>Loripes lacteus</i> (29,3%) <i>Ostracoda</i> sp1 (20,5%) <i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (15,3%) <i>Cylichna umbilicata</i> (7,2%)
Formentera	Cala Saona / Caló d'en Trull	16	<i>Micronephthys maryae</i> (11,6%) <i>Aricidea suecica</i> (10,2%) <i>Cylichna umbilicata</i> (9,3%) <i>Apseudes latreilli</i> (7,4%) <i>Chamelea gallina</i> (5,6%) <i>Chone arenicola</i> (5,1%) <i>Chone duneri</i> (4,7%)	<i>Ostracoda</i> sp1 (19,5%) <i>Loripes lacteus</i> (10,6%) <i>Cylichna umbilicata</i> (5,7%) <i>Pusillina</i> spp. (5,7%) <i>Apseudes latreilli</i> (4,9%) <i>Myrtea spinifera</i> (4,9%)
Eivissa	Sa Caixota	17	<i>Loripes lacteus</i> (12,3%) <i>Tellina fabula</i> (9,9%) <i>Exogone verugera</i> (8,5%) <i>Perioculodes longimanus</i> (6,8%) CARDIIDAE (5,1%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (4,1%) <i>Chone arenicola</i> (3,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (3,1%)	<i>Ampelisca brevicornis</i> (37,9%) <i>Loripes lacteus</i> (10,5%) <i>Tellina donacina</i> (6,4%) <i>Paradoneis armata</i> (6,1%)
	Cala Tarida	18	<i>Aricidea suecica</i> (13,0%) <i>Loripes lacteus</i> (7,2%) <i>Perioculodes longimanus</i> (7,2%) NEMERTEA (6,3%) <i>Tellina fabula</i> (5,4%) <i>Paradoneis armata</i> (4,9%) <i>Paradoneis ilvana</i> (4,5%) <i>Spisula subtruncata</i> (4,0%)	<i>Gouldia minima</i> (11,7%) <i>Loripes lacteus</i> (10,3%) <i>Apseudes latreilli</i> (9,7%) <i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (9,0%) <i>Perioculodes longimanus</i> (9,0%) <i>Myrtea spinifera</i> (7,6%)
	Ses Balandres	22	<i>Ampelisca brevicornis</i> (42,2%) <i>Apseudes latreilli</i> (27,4%) <i>Loripes lacteus</i> (5,2%) <i>Tellina fabula</i> (4,0%)	<i>Ampelisca brevicornis</i> (65,7%) <i>Loripes lacteus</i> (8,8%) <i>Apseudes latreilli</i> (4,8%) <i>Gouldia minima</i> (4,0%)
Mallorca	Badia d'Alcúdia - Platja de Muro	30	<i>Nephtys kersivalensis</i> (13,9%) <i>Magelona mirabilis</i> (8,2%) <i>Bodotria pulchella</i> (7,4%) <i>Aricidea capensis bansei</i> (6,6%) <i>Perioculodes longimanus</i> (6,6%) <i>Iphinoe trispinosa</i> (5,7%) <i>Dosinia lupinus</i> (4,9%)	<i>Nephtys</i> spp. (36,1%) <i>Perioculodes longimanus</i> (6,1%) <i>Magelona mirabilis</i> (3,9%) <i>Musculus costulatus</i> (3,9%)
	Badia d'Alcúdia - Platja de sa Canova	31	<i>Iphinoe serrata</i> (15,9%) <i>Perioculodes longimanus</i> (14,3%) <i>Loripes lacteus</i> (11,9%) <i>Iphinoe</i> spp. (7,1%) <i>Bodotria pulchella</i> (5,6%)	<i>Loripes lacteus</i> (61,1%) <i>Dosinia lupinus</i> (5,9%) <i>Paradoneis armata</i> (5,3%) <i>Myrtea spinifera</i> (5,1%)
	Canyamel	34	<i>Loripes lacteus</i> (24,4%) <i>Caecum</i> sp. (11,9%) <i>Lucinella divaricata</i> (8,5%) <i>Chamelea gallina</i> (5,5%)	<i>Paradoneis armata</i> (12,4%) <i>Loripes lacteus</i> (10,6%) <i>Perioculodes longimanus</i> (10,6%) <i>Magelona mirabilis</i> (8,8%) <i>Megaluropus monasteriensis</i> (7,1%) LINEIDAE (4,4%)

Illla	Estació	Codi	Espècies 2005	Espècies 2007
	Cala Petita	35	<i>Loripes lacteus</i> (18,2%) <i>Megaluropus massiliensis</i> (15,5%) TANAIDACEA (14,9%) <i>Perioculodes longimanus</i> (9,9%)	<i>Loripes lacteus</i> (23,5%) <i>Paradoneis armata</i> (12,5%) <i>Exogone verugera</i> (10,0%) <i>Perioculodes longimanus</i> (9,0%)
	Cala Mondragó	37	<i>Loripes lacteus</i> (62,7%) <i>Tellina fabula</i> (5,6%) <i>Lucinella divaricata</i> (5,1%) CARDIIDAE (4,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (69,1%) <i>Tellina donacina</i> (5,5%) <i>Myrtea spinifera</i> (3,6%) <i>Paradoneis armata</i> (2,7%)
	Cala Llombards	38	<i>Loripes lacteus</i> (73,1%) <i>Tellina fabula</i> (8,4%) <i>Lucinella divaricata</i> (3,1%) VENERIDAE (2,2)	<i>Loripes lacteus</i> (59,9%) <i>Tellina donacina</i> (5,9%) <i>Lucinella divaricata</i> (4,2%) <i>Ostracoda sp1</i> (4,0%)
Cabrera	Cabrera - l'Olla	40	<i>Exogone verugera</i> (11,5%) <i>Chamelea gallina</i> (9,1%) <i>Paradoneis armata</i> (9,1%) <i>Erichthonius brasiliensis</i> (7,3%) <i>Apseudes latreillii</i> (5,5%) <i>Perioculodes longimanus</i> (4,2%) <i>Arabella sp.</i> (3,6%)	<i>Loripes lacteus</i> (73,4%) <i>Apherusa alacris</i> (3,2%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (2,0%) <i>Chamelea gallina</i> (2,0%)
Mallorca	Badia de Palma – S'Arenal	47	<i>Paradoneis armata</i> (16,3%) <i>Apseudes latreillii</i> (12,4%) <i>Nephtys assimilis</i> (11,2%) <i>Loripes lacteus</i> (9,3%) VENERIDAE (3,7%)	<i>Aricidea capensis bansei</i> (18,4%) <i>Loripes lacteus</i> (15,6%) <i>Paradoneis armata</i> (7,8%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (6,1%) <i>Apseudes latreillii</i> (4,2%)
	Badia de Palma - Can Pastilla	48	CARDIIDAE (15,4%) <i>Loripes lacteus</i> (12,2%) VENERIDAE (12,2%) <i>Dipolydora caeca</i> (11,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (29,5%) <i>Nephtys kersivalensis</i> (13%) NEMERTEA (6%) <i>Gouldia minima</i> (4,5%)
	Badia de Palma - Cala Major	49	<i>Loripes lacteus</i> (28,9%) <i>Apseudes latreillii</i> (14,8%) <i>Lucinella divaricata</i> (12,5%) <i>Spisula subtruncata</i> (7,1%)	<i>Loripes lacteus</i> (54,3%) <i>Paradoneis armata</i> (6,8%) <i>Aora spinicornis</i> (3,8%) <i>Acanthocardia paucicostata</i> (3,2%)
	Badia de Palma - Cala Vinyes	50	<i>Apseudes latreillii</i> (34,5%) <i>Loripes lacteus</i> (15,2%) <i>Lucinella divaricata</i> (11,6%) <i>Paradoneis armata</i> (8,6%)	<i>Loripes lacteus</i> (37,1%) <i>Apseudes latreillii</i> (19,4%) <i>Paradoneis armata</i> (19,3%) <i>Spiochaetopterus solitarius</i> (3,4%)
	Platja de Sta. Ponça	53	<i>Paradoneis armata</i> (31,1%) <i>Loripes lacteus</i> (11,5%) <i>Lucinella divaricata</i> (10,5%) <i>Tellina fabula</i> (9,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (33,7%) <i>Paradoneis armata</i> (15,7%) <i>Tellina donacina</i> (7,8%) <i>Perioculodes longimanus</i> (5,7%)
	Cala en Cranc	55	<i>Apseudes latreillii</i> (66,8%) <i>Lucinella divaricata</i> (6,7%) <i>Loripes lacteus</i> (4,2%) <i>Paradoneis armata</i> (4,2%)	<i>Loripes lacteus</i> (39,0%) <i>Squilla sp.</i> (12,3%) <i>Aricidea capensis bansei</i> (8,2%) <i>Paradoneis armata</i> (6,0%)
	Sant Elm	56	<i>Paradoneis armata</i> (33,1%) <i>Loripes lacteus</i> (20,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (8,6%) <i>Capitella capitata</i> (6,8%)	<i>Loripes lacteus</i> (49,9%) <i>Paradoneis armata</i> (17,0%) <i>Lucinella divaricata</i> (6,7%) <i>Tellina donacina</i> (2,6%)
	Cala Deià	58	<i>Scolecopsis squamata</i> (25,7%) <i>Bathyporeia phaiophthalma</i> (17,1%) <i>Bodotria pulchella</i> (11,4%) <i>Bathyporeia pseudopelagica-nana</i> (5,7%)	<i>Dispio sp.</i> (39,6%) <i>Spio decoratus</i> (16,7%) <i>Bodotria scorioides</i> (10,4%) <i>Pontocrates altamarinus</i> (6,3%)
	Port Sóller (Cap Gros / far)	59	<i>Spio decoratus</i> (21,3%) <i>Megaluropus massiliensis</i> (18,8%) <i>Aricidea cerruti</i> (14,2%) <i>Dispio sp.</i> (7,1%)	<i>Spio decoratus</i> (27,1%) <i>Paradoneis armata</i> (15,7%) <i>Apseudes latreillii</i> (9,1%) <i>Ampelisca brevicornis</i> (7,7%)
	Platja Sóller	60	<i>Gammarella fucicola</i> (18,3%) <i>Paradoneis armata</i> (12,0%) <i>Gammarus insensibilis</i> (11,2%) <i>Loripes lacteus</i> (11,2%)	<i>Spio decoratus</i> (28,0%) <i>Capitella capitata</i> (12,2%) <i>Paradoneis armata</i> (12,0%) <i>Loripes lacteus</i> (10,8%)

Illla	Estació	Codi	Espècies 2005	Espècies 2007
Menorca	Badia de Fornells - Ses Salines (N)	63	<i>Loripes lacteus</i> (25,4%) <i>Abra alba</i> (15,3%) <i>Pettiboneia urciensis</i> (13,6%) <i>Corbula gibba</i> (10,2%)	<i>Loripes lacteus</i> (19,8%) <i>Abra alba</i> (14,7%) <i>Corbula gibba</i> (9,3%) <i>Lumbrineris sp1</i> (4,7%) <i>Galathowenia oculatea</i> (4,3%)
	Port de Maó - Canal Illa del Llatzeret	68	<i>Fabriciola tonerella</i> (18,1%) <i>Pseudolirius kroyerii</i> (6,7%) <i>Notomastus latericeus</i> (6,6%) <i>Micronephtys maryae</i> (6,2%) <i>Parapionosyllis labronica</i> (5,7%) <i>Pistella lornensis</i> (5,3%) <i>Lumbrineris latreilli</i> (4,1%)	<i>Fabriciola tonerella</i> (14,2%) <i>Galathowenia oculatea</i> (10,7%) <i>Micronephtys maryae</i> (8,6%) <i>Leiochrides fauveli</i> (7,8%) <i>Prionospio fallax</i> (5,9%) <i>Cumella limicola</i> (5,2%)
	Port de Maó - Illa Plana	69	<i>Micronephtys maryae</i> (18,3%) <i>Prionospio fallax</i> (12,5%) <i>Pseudolirius kroyerii</i> (11,7%) <i>Leptochelia savigny</i> (6,1%) <i>Pseudocapitella sp.</i> (6,0%)	<i>Micronephtys maryae</i> (16,4%) <i>Leptochelia savigny</i> (11,8%) <i>Microdeutopus versiculatus</i> (10,1%) <i>Leiochrides fauveli</i> (7,0%) <i>Prionospio fallax</i> (6,7%)
	Port de Maó - Cala Sant Esteve	73	<i>Paradoneis armata</i> (18,5%) <i>Exogone hebes</i> (12,0%) <i>Aricidea suecica</i> (8,4%) NEMATODA (5,3%) <i>Parapionosyllis labronica</i> (3,9%) <i>Exogone verugera</i> (3,6%)	<i>Paradoneis armata</i> (30,9%) <i>Apseudes latreilli</i> (19,2%) <i>Leptocheirus hirsutimanus</i> (5,9%) NEMATODA (5,4%)
	Cala Galdana	77	<i>Loripes lacteus</i> (36,1%) <i>Apseudes latreilli</i> (10,4%) <i>Chamelea gallina</i> (9,7%) <i>Lucinella divaricata</i> (7,8%)	<i>Loripes lacteus</i> (71,0) <i>Apseudes latreilli</i> (7,9%) <i>Dosinia lupinus</i> (4,0%) <i>Paradoneis armata</i> (2,5%)
	Arenal son Saura	78	<i>Loripes lacteus</i> (30,9%) <i>Perioculodes longimanus</i> (14,2%) <i>Apseudes latreilli</i> (10,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (6,5%)	<i>Loripes lacteus</i> (75,5%) <i>Cylichna umbilicata</i> (4,1%) <i>Gouldia minima</i> (3,1%) <i>Lucinella divaricata</i> (3,1%)

ANNEX II. FOTOGRAFIES



Fotografia 1. Comunitat de *Cystoseira stricta* davant del far des Botafoc, Eivissa. Estació 3O2 de la xarxa operativa de fons durs.



Fotografia 2. Quadre guia de dimensions de 20x20 cm damunt la comunitat de *Cystoseira stricta* a Eivissa. Estació 3O2.



Fotografia 3. Comunitat de *Cystoseira stricta* davant del far des Botafoc, Eivissa. Estació 3O2 de la xarxa operativa de fons durs.



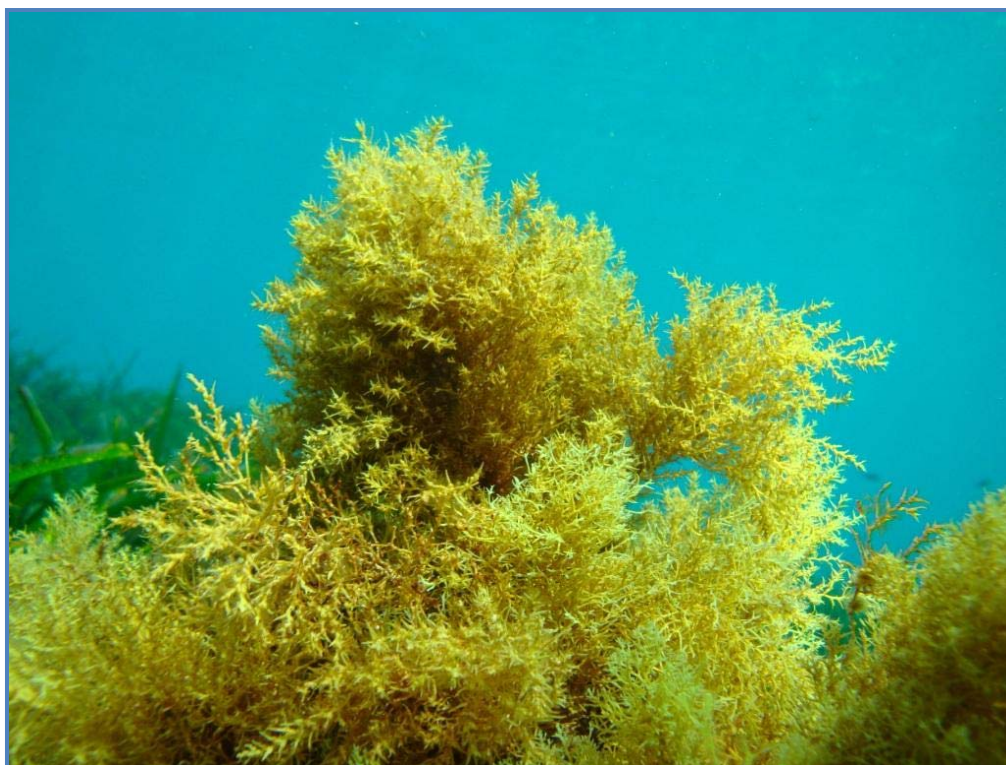
Fotografia 4. Comunitat de *Cystoseira stricta* característica d'ambients batuts i nets a Formentera (Ses Illetes).



Fotografia 5. Comunitat típica d'ambients batuts i nets del litoral dominada per *Cystoseira stricta* al sud de Menorca (Cap d'en Font).



Fotografia 6. Comunitat algal fotòfila dominada per *Cystoseira balearica* i Dictyotals (Portinatx, Eivissa).



Fotografia 7. Exemplar de *Cystoseira balearica* a un parell de metres de fondària (Portinatx, Eivissa).



Fotografia 8. Imatge de la mesura aproximada que té la mostra de raspats de 20x20. Estació 302 (es Botafoc, Port d'Eivissa).



Fotografia 9. Biòleg de l'equip del CEAB-CSIC recollint una mostra de raspats de la comunitat algal de S'Arenal (badia de Palma de Mallorca). Estació 1301 de la xarxa operativa de fons durs.



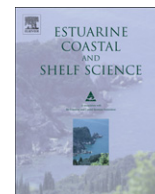
Fotografia 10. Biòlogues de l'equip del CEAB-CSIC realitzant la cartografia litoral (metodologia CARLIT) a la costa d'es Vedrà (Eivissa).

ANNEX III. PUBLICACIONS CIENTÍFIQUES

Espècies de *Cystoseira* de llocs calcats a Menorca: relació amb els paràmetres ambientals i les pressions antròpiques.

Sales M. & Ballesteros E. (2009). Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): Relationships with environmental factors and anthropogenic pressures. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 84 (4): 476-482.

La distribució de les espècies i comunitats de *Cystoseira* va ser estudiada a 103 cales de Menorca. A més, es van quantificar una sèrie de paràmetres geomorfològics i de pertorbació antròpica per tal d'estudiar quins eren els que més influïen en la distribució de les espècies de *Cystoseira* als llocs calcats de Menorca. La finalitat última del treball era esbrinar la possible utilitat d'aquestes espècies com a bioindicadors de la qualitat de l'aigua, tal com es fa amb les espècies de *Cystoseira* de llocs exposats. Les principals espècies de *Cystoseira* que es van trobar van ser *Cystoseira crinita*, *C. spinosa* var. *tenuior*, *Cystoseira barbata*, *Cystoseira foeniculacea* var. *tenuiramosa* i *Cystoseira compressa* var. *pustulata*. *Cystoseira crinita* i *C. spinosa* var. *tenuior* dominen comunitats complexes amb una elevada densitat d'individus de *Cystoseira* a la majoria de cales de la costa nord, on el grau d'exposició és intermedi. *Cystoseira barbata*, *Cystoseira foeniculacea* var. *tenuiramosa* i *Cystoseira compressa* var. *pustulata* apareixen esparses entre herbeis de la fanerògama *Cymodocea nodosa* a badies extremadament calmades, com les badies de Fornells i Addaia. Els principals factors que influeixen en la distribució d'aquestes espècies són: alçada de la costa, concentració de nitrats i nitrits a l'aigua, inclinació de la costa al primer metre de fondària, naturalesa del fons de la cala i distància a la urbanització més propera. Les cales amb costa baixa, inclinació horitzontal i fons de roca coberts per algues o fanerògames presenten un elevat nombre d'espècies de *Cystoseira*, constituint comunitats molt estructurades. A les cales amb costa elevada, inclinació vertical i/o concentració elevada de nitrats, el nombre i abundància d'espècies de *Cystoseira* és reduït. A les cales situades a la proximitat de ports importants (Maó i Ciutadella) les algues del gènere *Cystoseira* hi són totalment absents. A més, la desaparició de les espècies *Cystoseira crinita* i *Cystoseira barbata* del port de Maó ha pogut ser documentada gràcies a l'existència de dades històriques proporcionades pel reconegut botànic i algòleg Joan Joaquim Rodríguez-Femenías. El port de Maó és la zona més contaminada de Menorca, pel que la desaparició de les espècies de *Cystoseira* en aquesta zona està molt possiblement relacionada amb elevats nivells de contaminació. De totes maneres, com que l'absència de *Cystoseira* també pot respondre a una geomorfologia desfavorable, l'ús d'aquestes espècies com a bioindicadors requereix la definició de llocs de referència apropiats.



Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): Relationships with environmental factors and anthropogenic pressures

Marta Sales*, Enric Ballesteros

Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC, Acc. Cala St. Francesc 14, 17300 Blanes, Spain

ARTICLE INFO

Article history:

Received 30 March 2009

Accepted 19 July 2009

Available online 23 July 2009

Keywords:

Cystoseira

NW Mediterranean

geomorphological factors

anthropogenic disturbances

bioindicators

ABSTRACT

The distribution of *Cystoseira* species was studied at 103 coves in the island of Menorca (Balearic Islands, NW Mediterranean). Both geomorphological parameters and anthropogenic pressures were considered in order to investigate which were the main environmental factors explaining their distribution. Several factors contributed to explain the composition of *Cystoseira* assemblages in the sampled coves being coastal morphology, bottom nature, nutrient concentration in seawater and urbanization level of the coast the most important. The relatively high number of *Cystoseira* species found in Menorca suggested a general high quality of the environment. However, in southern coves the number and abundance of *Cystoseira* spp. was reduced compared to the northern ones. This pattern seems to be related both to a higher anthropogenic pressure and to a less favourable geomorphology at southern coves. When strong anthropogenic disturbances were present (proximity to harbour areas), coves were completely devoid of *Cystoseira* specimens. As historical data is available for some of these sites, we can document the disappearance of some *Cystoseira* species at these coves, which seems to be related to increased pollution levels. However, as the absence of *Cystoseira* assemblages can also respond to a lack of a suitable geomorphology, their use as bioindicators of water quality needs of a definition of proper reference sites.

© 2009 Elsevier Ltd. All rights reserved.

1. Introduction

Humans are largely disturbing natural ecosystems leading not only to a loss of biodiversity but also to a change in the landscape, due mainly to the regression of large and long-lived species (Steneck and Carlton, 2001). Such changes have been observed in littoral habitats when affected by environmental degradation, involving the disappearance of engineering species such as kelps or seaweeds of the order Fucales (Munda, 1993; Benedetti-Cecchi et al., 2001; Steneck et al., 2002; Thibaut et al., 2005; Airolidi and Beck, 2007). Species of the genus *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta), important engineering species in the Mediterranean phytal zone (Feldmann, 1937; Giaccone, 1973), have been affected by the environmental degradation of several areas and are currently suffering a general Mediterranean decline (Hoffmann et al., 1988; Chrysosvergis and Panayotidis, 1995; Soltan et al., 2001; Thibaut et al., 2005; Serio et al., 2006). Eutrophication has been the main cause to

blame for the rarefaction of *Cystoseira* species (Munda, 1974, 1982; Hoffmann et al., 1988; Arévalo et al., 2007), although other factors like inorganic chemical pollution, increased turbidity levels, overgrazing and climate change have been suggested as other possible causes (Cormaci and Furnari, 1999; Thibaut et al., 2005; Serio et al., 2006). *Cystoseira* spp. assemblages dominate the seascape of most Mediterranean reference sites; they are well structured, complex, very productive and they hold a high biodiversity (Boudouresque, 1971, 1972; Ballesteros, 1988, 1990a,b; Ballesteros et al., 1998, 2009). Up to 5 species of the genus *Cystoseira* (*Cystoseira amentacea*, *Cystoseira mediterranea*, *Cystoseira sedoides*, *Cystoseira spinosa* and *Cystoseira zosteroides*) are included in the Annex II of the Barcelona Convention and the Appendix I of the Bern Convention and, thus, they deserve some protection at a Mediterranean scale. However, despite the role of *Cystoseira* assemblages in the conservation of the Mediterranean seascape and biodiversity, its importance has not been recognized by the current European legislation in environmental conservation (e.g. Habitats Directive 1992/43/EC).

Several species of *Cystoseira* preferentially thrive in the shallow waters of sheltered coves and bays. These habitats have been a target for human development along most of the Mediterranean coastal areas, in such a way that some of the species developing in these

* Corresponding author.

E-mail addresses: martas@ceab.csic.es (M. Sales), kike@ceab.csic.es (E. Ballesteros).

shallow and sheltered environments may be in serious regression along most of its previous distribution range (Thibaut et al., 2005). Although there is basic knowledge on the habitat preferences of each species of *Cystoseira* (e.g. Giaccone and Bruni, 1973; Gómez-Garreta et al., 2000) there are no studies which try to disentangle the environmental factors affecting its distribution in the Mediterranean. The island of Menorca (Balearic Islands, North-western Mediterranean) presents a long development of rocky shores with a high geomorphological heterogeneity. Some impacted areas co-exist with several almost pristine small coves and bays. This characteristics offer a unique system in which to study the relationship between shallow water *Cystoseira* distributions and the environmental and anthropogenic factors affecting them.

The degree of development of *Cystoseira* littoral belts in exposed coasts (e.g. *C. mediterranea*, *C. amentacea* v. *stricta*, *Cystoseira compressa*) have been used to assess the ecological quality of the coastal water bodies regarding the European Water Framework Directive (2000/60/EC) (Ballesteros et al., 2007; Pinedo et al., 2007). However, the possible utility of *Cystoseira* species from sheltered environments as indicators has not been addressed, although current existing information (Cormaci and Furnari, 1999; Thibaut et al., 2005) suggest that they are extremely sensitive to water quality.

This paper is aimed at testing which are the main environmental factors driving the present distribution of *Cystoseira* sheltered species in the island of Menorca, in order to obtain the necessary knowledge to use them as bioindicators.

2. Materials and methods

2.1. Study area

The island of Menorca is located in a very central position at the North-western Mediterranean (Fig. 1). It extends about 50 km from

west to east and about 20 km from north to south; its coastline measures 441 km. The island is divided into two different geomorphological regions: north and south (Llompert et al., 1979). The Northern part is constituted by a variety of very ancient materials mainly non-carbonated; coastline is very irregular with very pronounced cliffs, small coves and big sheltered bays. The Southern part is formed by a carbonated block from the Miocene; coastline is very straight with rocky cliffs and narrow coves (Rosell and Llompert, 2002). Menorca's coast is relatively well preserved; large areas are protected from urban expansion and many beaches and coves are totally wild and natural. Nevertheless, the island is not safe from touristic and industrial expansion and some focus of pollution and anthropogenic disturbances exist along the coast (Comas, 2004; <http://www.obsam.cat>).

2.2. Collection of data

Field work was carried out during May and June 2005, when populations of *Cystoseira* spp. are well developed and are easy to observe and identify (Ballesteros et al., 2007). The coastline of a total of 103 coves was surveyed by snorkeling and abundances of the different species of *Cystoseira* were recorded. These abundances were visually estimated and expressed in a semi-quantitative scale (+: < 5% coverage, 1: 5–10% coverage, 2: 11–25% coverage, 3: 26–50% coverage, 4: 51–75% coverage, 5: > 75% coverage) (Braun-Blanquet, 1964). *Cystoseira* specimens were usually identified in the field. Doubtful specimens were collected and identified in the laboratory using appropriate bibliography (Sauvageau, 1912; Ercegovic, 1952; Amico et al., 1985; Gómez-Garreta et al., 2000). Vouchers are kept in the University of Girona (UdG) herbarium (HGI-A 6998, 6999, 7000, 7003, 7004, 7005, 7006, 7009, 7010, 7017, 7019 and 7022).

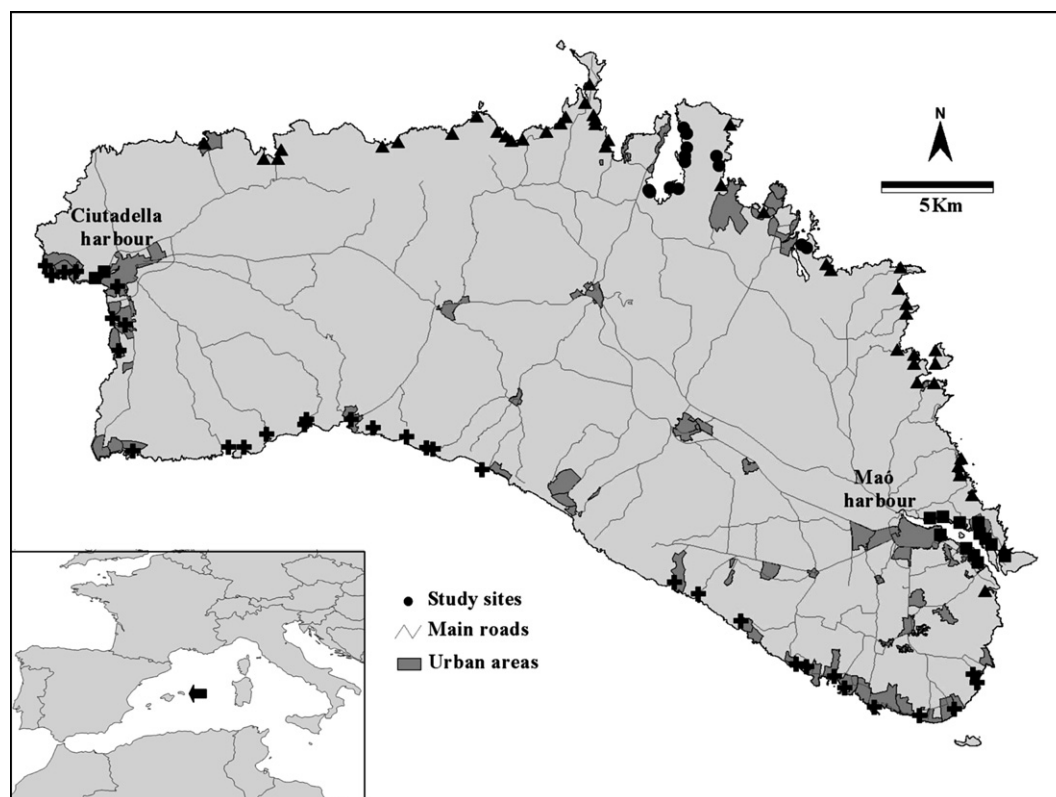


Fig. 1. Map of Menorca (Balearic Islands) showing location and type of the study sites (triangle: north, round: very sheltered, cross: south, square: harbour). Urban areas and main roads are represented and the most important harbours are indicated.

Values of 14 environmental parameters (related to the morphology of the coastline, the wind and wave exposure, the characteristics of the bottom and anthropogenic pressures) were obtained for each sampled cove (Table 1). Some of the parameters such as coast height (divided into four different categories: high, medium and low cliff and flat rocky coast) or slope (divided into four categories: overhanging, vertical, subvertical and horizontal) were measured *in situ* during the field work. The values of other parameters, like exposure and urbanization distance, were calculated over aerial photographs using GIS. Three water samples from each site (replicates) were collected at three dates during the study period. Collected samples were conserved frozen to -20°C and stored in darkness until the moment of analysis. Nitrate, nitrite, ammonium, phosphate and silicate concentration was determined according to Grasshoff et al. (1983) methods using an Alliance Evolution II Autoanalyzer.

2.3. Statistical analysis

The combined transformation of van der Maarel (1979) with an exponent of $w=0.5$ was applied to biological data (*Cystoseira* species abundances per site) to make possible arithmetic operations. A Bray–Curtis distance matrix (Bray and Curtis, 1957) with a dummy-variable was, then, constructed.

A draftsman plot (Clarke and Gorley, 2006) was performed with the environmental variables matrix in order to detect possible skewness of the variables and/or strong correlation among pairs of variables. As high correlation was found between nitrate and silicate concentration ($r=0.96$; $P=0.00001$), silicate concentration was eliminated from the environmental matrix. Furthermore, phosphate and nitrate concentrations were right-skewed, and therefore $\log(x+1)$ -transformed. Despite not being strongly skewed, nitrite and ammonium concentration were also $\log(x+1)$ -transformed in order to apply the same treatment to the same type of data (nutrient concentration).

Finally, distance-based linear model routine (DistLM) (Legendre and Anderson, 1999) was applied in order to analyse and model the relationship between biological data (*Cystoseira* spp. populations) and environmental factors. The selection criterion and selection procedure used were *step-wise* and *adjusted* R^2 . The environmental definite matrix (without SiO_4 and with log transformed nutrient concentrations) was used as the predictor variable worksheet. dbRDA (distance-based redundancy analysis, McArdle and Anderson, 2001) plot was made to allow the visualization of the sites ordination according to the multivariate regression model previously generated by applying DistLM. Given the strong

differences on *Cystoseira* species composition observed between typical north coves, very sheltered north coves, south coves, and coves located in harbour areas, they were represented with different symbols in the plots and submitted to an ANOSIM analysis (Clarke and Gorley, 2006).

3. Results

Eleven taxa belonging to the genus *Cystoseira* were found during the surveys (Table 2). As *Cystoseira spinosa* var. *spinosa* and *Cystoseira* cf. *mediterranea* appear at just two study sites, they have been excluded from the following descriptions and analysis. *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, *Cystoseira compressa* var. *compressa* and *Cystoseira brachycarpa* var. *balearica* are distributed all around Menorca. These species thrive only in the outer parts of the coves being more typical from exposed areas, where they form extensive assemblages. The other species only appear in really shallow sheltered areas and are restricted or almost restricted to the north coast. *Cystoseira crinita*, *C. spinosa* var. *tenuior*, *Cystoseira algeriensis* and *C. compressa* var. *pustulata* are widespread along the entire north coast forming dense settlements at the inner parts of many coves. *Cystoseira crinita* and *C. spinosa* var. *tenuior* are the dominant taxa of well structured and rich assemblages at sheltered and semiexposed coves, which can be both monospecific or mixed. *Cystoseira foeniculacea* var. *tenuiramosa* and *Cystoseira barbata* are restricted to extremely sheltered environments. In these conditions *Cystoseira* species can just grow attached to pebbles or even to seagrass rhizomes and, therefore, they almost never form dense settlements. Finally, up to 13 coves are completely devoid of any specimen of *Cystoseira* spp., most of them situated close or adjacent to harbours. Abundances of different species per site are presented in Fig. 2 and in online Appendix 1.

DistLM analysis shows a significant relationship between biological and environmental data when considering predictor variables individually. All the studied parameters except ammonium show significant relationship to the species data (Table 3A). Coast height and nitrate concentration are the factors explaining the highest percentage of variation in *Cystoseira* species composition and abundance (21 and 19% respectively); the factors nitrite concentration, slope, % of rocky bottom, % of vegetated bottom and urbanization distance explain also a considerable amount of variation in the biological data matrix (values between 14 and 17%).

When considering the environmental factors together, that is, when adding sequentially these variables in a model in order to

Table 1

List and brief description of the studied parameters specifying the calculation method.

Parameter	Description	Calculation method
Slope	Inclination of the substrate	Field
Exposure	Angle formed by two lines from the innermost central part of the cove to the two outer edges	GIS
Morphological factor 1	% of rocky littoral	GIS
Morphological factor 2	Littoral height	Field
Morphological factor 3	% of coastline constituted by blocks	Field
Bottom factor 1	% of vegetated bottom	GIS
Bottom factor 2	% of seagrass covered bottom	GIS
Bottom factor 3	% of rocky bottom	GIS
Urbanization distance	Distance along a straight line to the nearest town or urbanization	GIS
Nutrient concentration	Phosphate, nitrite, nitrate, ammonium and silicate concentration	Field + lab work

Table 2

Species found along the study area and their abundances (VA: very abundant, A: abundant, C: common, R: rare, VR: very rare).

Species	Abundance
<i>C. stricta</i> (Montagne) Sauvageau (= <i>C. amentacea</i> var. <i>stricta</i>)	VA
<i>C. cf. mediterranea</i> Sauvageau	VR
<i>C. balearica</i> Sauvageau (= <i>C. brachycarpa</i> var. <i>balearica</i>)	A
<i>C. compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin var. <i>compressa</i>	VA
<i>C. compressa</i> (Esper) Gerloff & Nizamuddin var. <i>pustulata</i> Ercegovic (= <i>C. humilis</i>)	C
<i>C. crinita</i> (Desfontaines) Bory	C
<i>C. spinosa</i> Sauvageau var. <i>tenuior</i> (Ercegovic) Cormaci et al.	C
<i>C. spinosa</i> Sauvageau var. <i>spinosa</i>	VR
<i>C. algeriensis</i> Feldmann	R
<i>C. foeniculacea</i> (Linné) Greville var. <i>tenuiramosa</i> (Ercegovic) Gómez Garreta et al.	R
<i>C. barbata</i> C. Agardh	R

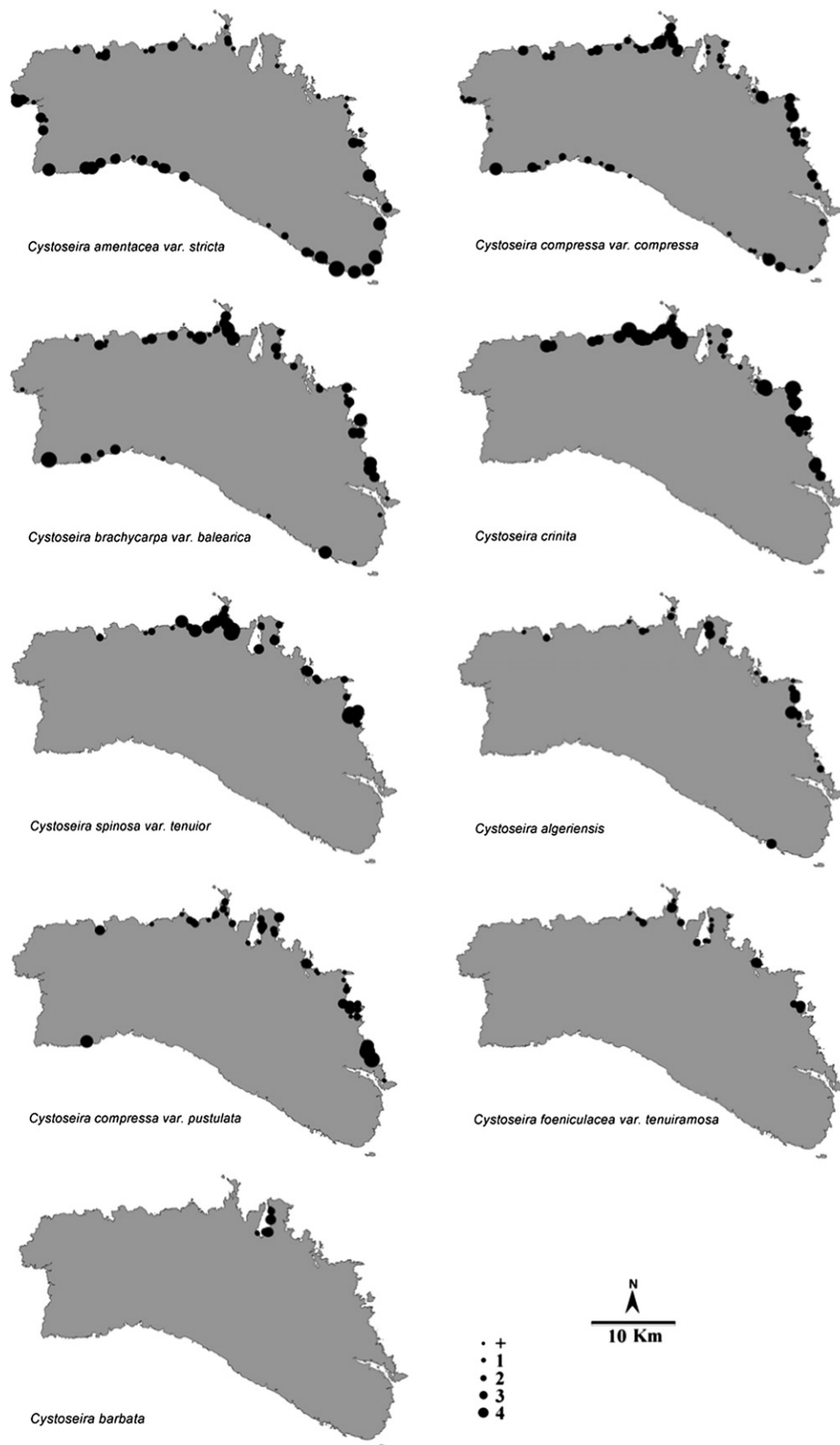


Fig. 2. Distribution and abundances of different *Cystoseira* species in the different sampled coves from Menorca (Balearic Islands) represented in a semi-quantitative scale (+: very rare, 1: rare, 2: common, 3: abundant, 4: very abundant).

Table 3

(A) Tests for relationships between individual environmental variables and biological data. (B) Tests for relationships between environmental and biological data considering all environmental variables integrated in a multiple regression model.

Variable	Pseudo-F	P	% var.	
(A) Marginal tests				
Exposure	9.021	0.001	8.20	
MF1 (% rocky coast)	7.586	0.001	6.99	
MF2 (coast height)	26.866	0.001	21.01	
MF3 (% blocks)	10.849	0.001	9.70	
Slope	19.346	0.001	16.08	
Urb. distance	16.548	0.001	14.08	
BF1 (% vegetated bottom)	17.010	0.001	14.41	
BF2 (% seagrass)	6.231	0.002	5.81	
BF3 (% rocky bottom)	19.211	0.001	15.98	
Log([PO ₄]+1)	10.422	0.001	9.35	
Log([NH ₄]+1)	0.455	0.689	0.45	
Log([NO ₂]+1)	20.586	0.001	16.93	
Log([NO ₃]+1)	23.475	0.001	18.86	
Variable	Pseudo-F	P	% var.	cum. %var.
(B) Sequential tests				
MF2 (coast height)	26.866	0.001	21.01	21.01
BF3 (% rocky bottom)	18.284	0.001	12.21	33.22
Log([NO ₃]+1)	11.458	0.001	6.93	40.15
BF2 (% seagrass)	7.2076	0.001	4.10	44.25
BF1 (% vegetated bottom)	11.932	0.001	6.11	50.36
MF3 (% blocks)	6.5646	0.001	3.18	53.53
Exposure	4.9051	0.002	2.28	55.81
Log([NH ₄]+1)	4.9642	0.003	2.22	58.03
Log([PO ₄]+1)	4.6079	0.003	1.98	60.01
Urb. distance	2.1419	0.098	0.91	60.92
MF1 (% rocky coast)	1.3606	0.243	0.58	61.50
Log([NO ₂]+1)	1.4193	0.244	0.60	62.10
Slope	1.3643	0.276	0.57	62.67

predict *Cystoseira* populations composition, the first chosen factor is coast height, followed by % of rocky bottom, nitrate concentration and so on (see Table 3B). The total variation in the composition and abundance of *Cystoseira* assemblages explained by all 13 environmental variables is 62.7%. However, after having added the 9th variable (phosphate concentration in seawater), the *P*-value is no longer statistically significant and therefore, it could be considered constructing and using a model with these 9 variables (explaining 60% of the species data variation).

dbRDA plots allow the visualization of the relationship between biological and environmental variables. Environmental variables (Fig. 3) and *Cystoseira* species (Fig. 4) are represented in the plots as overlaid vectors using multiple correlation type (see Anderson et al., 2008 for further details). Only the factors presenting significant individual correlation with biological data are shown (Table 3A).

The variables that are more strongly related to the first dbRDA axis are urbanization distance and % of vegetated bottom (positively related) and coast height, nitrate and phosphate concentration (negatively related). Therefore, coves are ordered from high to low urban pressure along the first axis. Nevertheless, this is not completely independent from some geomorphological factors, as coast height has a considerable negative correlation with the first axis. On the other hand, the variables more related to the second dbRDA axis are exposure and coast height (positively related) and % of seagrass bottom and % of blocks (negatively related). Concerning the different types of coves (ANOSIM: *R* = 0.821; *P* = 0.0001), most of the northern ones have a positive relationship to urbanization distance and to % of vegetated bottom, and a negative relationship to nutrient concentration, while most of southern coves appear to be positively related to coast height and nitrate concentration. The coves from very sheltered places are positively related with the factors % of seagrass bottom and % of blocks, and negatively related

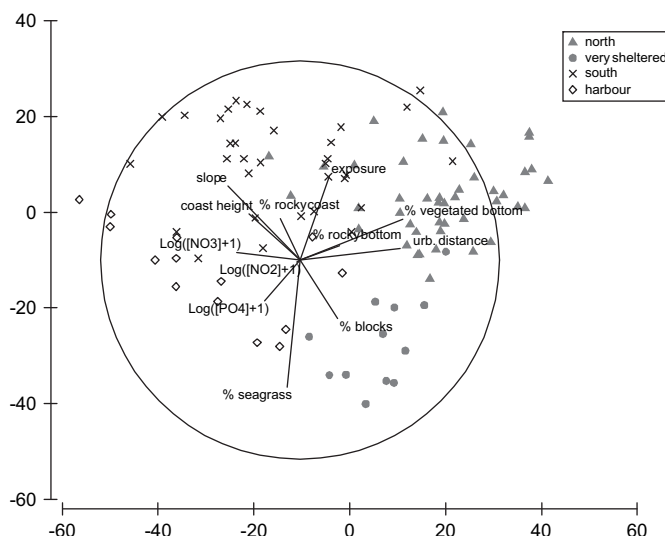


Fig. 3. Distance-based redundancy analysis showing relationships between the ordination of the sites based on *Cystoseira* communities and the environmental factors. Axis I explains 63.9% variation out of the fitted model and 38.4% of the total variation, while axis II explains respectively 26.9% and 16.2% of the variation.

to exposition and coast height. Finally, the coves situated nearby harbour areas, generally devoid of *Cystoseira*, show a positive relationship with nitrate and phosphate concentrations and a negative relationship with urbanization distance.

When looking at the plot displaying the different *Cystoseira* species (Fig. 4), it can be appreciated that all of them have positive values in the first axis. Therefore, they seem to have some positive relationship with urbanization distance and % of vegetated bottom yet *C. amentacea* var. *stricta*, *C. foeniculacea* and *C. barbata* show a stronger relationship with the second axis, and consequently with

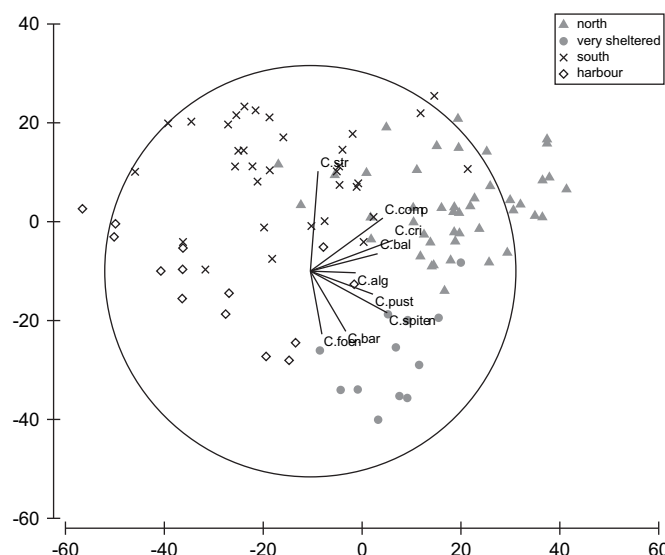


Fig. 4. Distance-based redundancy analysis showing direction of increasing abundances of different species along the study sites. C.str: *Cystoseira amentacea* var. *stricta*, C.comp: *C. compressa* v. *compressa*, C.cri: *C. crinita*, C.bal: *C. brachycarpa* var. *balearica*, C.alg: *C. algeriensis*, C.pust: *C. compressa* v. *pustulata*, C.spiten: *C. spinosa* v. *tenuior*, C.bar: *C. barbata*, C.foen: *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa*. Axis I explains 63.9% variation out of the fitted model and 38.4% of the total variation, while axis II explains respectively 26.9% and 16.2% of the variation.

the factor exposure (positive for *C. amentacea* var. *stricta* and negative for the others).

4. Discussion

The genus *Cystoseira* is well represented in the rocky shallow sublittoral zones from sheltered areas in Menorca. The number of species found is high if compared to the current existing number in the continental coasts of Spain and France, but similar to that reported for the northern coast of Spain and southern coast of France at the beginning of the XX century (Sauvageau, 1912; Feldmann, 1937; Thibaut et al., 2005). Species such as *Cystoseira crinita*, *Cystoseira foeniculacea* var. *tenuiramosa* and *Cystoseira barbata* that are still common in Menorca and that were common in the Alberes coast (southern France) one hundred years ago (Sauvageau, 1912), have currently disappeared from the Alberes coast and other continental localities (Munda, 1993; Chrysosvergis and Panayotidis, 1995; Thibaut et al., 2005), indicating the important habitat loss that has affected some European continental coasts, and which seems to be driven by a degradation in water quality and coastal modification.

Significant relationships have been detected between most of the studied factors and *Cystoseira* spp. composition and abundance at the coves. Our results show a high predictability of *Cystoseira* populations distribution departing from environmental variables, as 62.7% of the variation was explained when considering all the factors together in a model. Similar results have been found for other regions, where factors like pollution, wave exposure, slope or physiognomy of the bottom seem to be important in explaining the differences in shallow benthic vegetation patterns (Díez et al., 2003; Eriksson and Bergström, 2005).

The distribution of the different species is not uniform along the coast of the island. The number of *Cystoseira* species and their abundances are much higher in the northern side than in the southern side. Human pressure is stronger in southern coves which are more urbanized and show higher levels of nitrate concentration. Likewise, there are important geomorphological differences between these two regions, being morphological features from south coves less favourable for *Cystoseira* establishment. As historical data is not available for these coves, it is not possible to unequivocally report a regression of *Cystoseira*. However, the fact that the percentage of vegetated bottom at the coves is positively related with urbanization distance reinforces the idea that coves devoid of *Cystoseira* have suffered from habitat degradation. In bioindicator studies it is a common problem that natural and human-induced processes are intricately mixed, and ultimate interpretation is difficult and often requires long-term research (Levine, 1984).

The absence of *Cystoseira*, in coincidence with high levels of nutrient concentration at Maó harbour (where the disappearance of some *Cystoseira* species is confirmed by historical data; Rodríguez-Femenías, 1889), supports the idea that most *Cystoseira* species are very sensitive and suitable for being used as bio-indicators. In addition, seagrass meadows occupied a much more extensive area in the past than currently do in this area (www.obsam.cat). Although eutrophication is a major factor explaining the disappearance of *Cystoseira* spp. (Soltan et al., 2001; Arévalo et al., 2007; Pinedo et al., 2007), other pollutants such as heavy metals, herbicides, insecticides, halogens or polychlorinated biphenyls (PCBs) coming from agriculture and industrial activities (Boyle, 1984) could also play a pivotal role in the structure of shallow rocky coastal assemblages. Industry is not highly developed in Menorca, but waste waters originated by this activity do not receive always the correct treatment. Moreover, costume jewellery was an important activity in Menorca in the past (López,

1991), when waste waters were dumped directly to the Maó harbour and high levels of heavy metal concentrations have been reported for this area (García-Orellana, pers. comm.). On the other hand, agriculture is also an important activity in the island, which seems to be one of the main factors explaining the high levels of nitrates in subterranean waters, favoured by the calcareous nature of the substrate and the presence of karstic runoff from cultivated lands (<http://www.obsam.cat>). Generally, high nitrate concentrations are considered to be indicators of agricultural development (Camp, pers. comm.; Scavia and Bricker, 2006).

To summarize, for some coves from Maó harbour area the disappearance of some *Cystoseira* species, confirmed by historical data (Rodríguez-Femenías, 1889), seems to be related to increased pollution levels. Yet, in some southern coves like Santandria, Cala'n Porter or Cala Galdana, strongly urbanized and showing high level of nitrate concentration, but, likewise with not favourable geomorphological features, it is difficult to assess the level of degradation because of the lack of historical data. Thus, if *Cystoseira* spp. have to be used as bioindicators from sheltered environments in the implementation of the European Water Framework Directive, this study shows the necessity of choosing adequate reference sites, as mentioned by Mangialajo et al. (2007).

We have identified the factors that determine the distribution of *Cystoseira* species thriving in sheltered localities from the coast of Menorca. The next step (i.e. to determine the utility of these species as bioindicators or to find the causes of their disappearance) needs a combination of long-term studies and experimental work as well as including other contaminants in the investigations. Although nutrient and heavy metal effects on *Cystoseira* or other long-lived species of the order Fucales or Laminariales are already known (Hopkin and Kain, 1978; Munda and Veber, 1996; Kut et al., 2000; Caliceti et al., 2002), few studies include other chemical contaminants, which should be much more dangerous for marine species (Boyle, 1984; Levine, 1984 and references therein). Future efforts should pay attention to the effects of all these contaminants. Our study also detects the value of the existence of previous studies in a region to be able to determine if degradation has occurred in a certain area or if natural variability and pressures account for the absence of *Cystoseira* assemblages. Thus, studying relationships between ecological factors and biological descriptors are of critical importance for obtaining data on the current ecological status and understand future changes that may undergo these assemblages.

5. Conclusions

The distribution of shallow *Cystoseira* species thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean) depends on a high number of factors including geomorphological features, wave exposure and anthropogenic pressures. Although anthropogenic pressures are not the only factors determining the absence of *Cystoseira*, our data shows a positive relationship of rich and well developed *Cystoseira* assemblages to urbanization distance and low levels of nutrient concentration. Moreover, the disappearance of some *Cystoseira* populations from the most impacted areas, which has been confirmed by historical data, points to a high sensitivity level of the studied *Cystoseira* species to pollution and their usefulness to be used as bioindicators.

Acknowledgements

Marta Sales was supported by an I3P grant from CSIC and FI grant from Generalitat de Catalunya both co-funded by European Social Fund. Financial support was provided by Institut Menorquí d'Estudis and Agència Catalana de l'Aigua. The authors are grateful to Boris Weitzmann, Paula López and Neus Fernández for their help

in sampling work. Comments by Dr. Jordi Camp in a previous draft of the paper are also acknowledged. OBSAM provided support in obtaining and analyzing GIS data. Staff of *Parc Natural de s'Albufera des Grau* assisted in sampling and provided us laboratory facilities.

Appendix 1. Supplementary information

Abundances of different species of *Cystoseira* at the study sites expressed in *Braun-Blanquet* semi-quantitative scale (C.str: *C. amentacea* var. *stricta*; C.com: *C. compressa* var. *compressa*; C.pus: *C. compressa* var. *pustulata*; C.cri: *C. crinita*; C.bal: *C. brachycarpa* var. *balearica*; C.spit: *C. spinosa* var. *tenuior*; C.alg: *C. algeriensis*; C.foe: *C. foeniculacea* var. *tenuiramosa*; C.bar: *C. barbata*).

Supplementary data associated with this article can be found, in the online version, at doi:10.1016/j.ecss.2009.07.013.

References

- Airolidi, L., Beck, M.W., 2007. Loss, status and trends for coastal marine habitats in Europe. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45, 345–405.
- Amico, V., Giaccone, G., Colombo, P., Colonna, P., Mannino, A.M., Randazzo, R., 1985. Un nuovo approccio allo studio della sistematica del genere *Cystoseira* C. Agardh (Phaeophyta, Fucales). *Bollettino della Accademia Gioenia di Scienze Naturali di Catania* 18, 887–985.
- Anderson, M.J., Gorley, R.N., Clarke, K.R., 2008. *Permanova+ for Primer: Guide to Software and Statistical Methods*. Primer-E Ltd, United Kingdom, 213 pp.
- Arévalo, R., Pinedo, S., Ballesteros, E., 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55, 104–113.
- Ballesteros, E., 1988. Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo Noroccidental. *Investigación Pesquera* 52, 313–334.
- Ballesteros, E., 1990a. Structure and dynamics of the *Cystoseira caespitosa* Sauvageau (Fucales, Phaeophyceae) community in the North-Western Mediterranean. *Scientia Marina* 54, 155–168.
- Ballesteros, E., 1990b. Structure and dynamics of the community of *Cystoseira zosteroides* (Turner) C. Agardh (Fucales, Phaeophyceae) in the Northwestern Mediterranean. *Scientia Marina* 54, 217–229.
- Ballesteros, E., Sala, E., Garrabou, J., Zabala, M., 1998. Community structure and frond size distribution of a deep water stand of *Cystoseira spinosa* Sauvageau in the Northwestern Mediterranean. *European Journal of Phycology* 33, 121–128.
- Ballesteros, E., Torras, X., Pinedo, S., García, M., Mangialajo, L., de Torres, M., 2007. A new methodology based on littoral community cartography for the implementation of the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 172–180.
- Ballesteros, E., Garrabou, J., Hereu, B., Zabala, M., Cebrian, E., Sala, E., 2009. Deep-water stands of *Cystoseira zosteroides* C. Agardh (Fucales, Ochrophyta) in the Northwestern Mediterranean: insights into assemblage structure and population dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82, 477–484.
- Benedetti-Cecchi, L., Pannacciulli, F., Bulleri, F., Moschella, P.S., Airolidi, L., Relini, G., Cinelli, F., 2001. Predicting the consequences of anthropogenic disturbance: large-scale effects of loss of canopy algae on rocky shores. *Marine Ecology Progress Series* 214, 137–150.
- Boudouresque, C.F., 1971. Recherches de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée Occidentale (fraction algale): la sous-strate sciaphile des peuplements de grandes *Cystoseira* de mode battu. *Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille* 31, 79–104.
- Boudouresque, C.F., 1972. Recherches de bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée Occidentale (fraction algale): la sous-strate sciaphile d'un peuplement photophile de mode calme, le peuplement a *Cystoseira crinita*. *Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille* 32, 253–263.
- Boyle, T.P., 1984. The effect of environmental contaminants on aquatic algae. In: Shubert, L.E. (Ed.), *Algae as Ecological Indicators*. Academic Press, London, pp. 237–256.
- Braun-Blanquet, J., 1964. *Pflanzensoziologie*. Springer, Wien, 866 pp.
- Bray, J.R., Curtis, J.T., 1957. An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs* 27, 325–349.
- Caliceti, M., Argese, E., Sfriso, A., Pavoni, B., 2002. Heavy metal contamination in the seaweeds of the Venice lagoon. *Chemosphere* 47, 443–454.
- Chrysosvergis, F., Panayotidis, P., 1995. Évolution des peuplements macrophytobenthiques le long d'un gradient d'eutrophisation (Golfe de Maliakos, Mer Égée, Grèce). *Oceanologica Acta* 18, 649–658.
- Clarke, K.R., Gorley, R.N., 2006. *Primer v6: User Manual/Tutorial*. Primer-E Ltd, United Kingdom, 190 pp.
- Comas, E., 2004. Menorca, Reserva de la Biosfera. El repte de la sostenibilitat. *L'Atzavara* 12, 69–78.
- Cormaci, M., Furnari, G., 1999. Changes of the benthic algal flora of the Tremiti Islands (southern Adriatic) Italy. *Hydrobiologia* 398–399, 75–79.
- Diez, I., Santolaria, A., Gorostiaga, J.M., 2003. The relationship of environmental factors to the structure and distribution of subtidal seaweed vegetation of the western Basque coast (N Spain). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 56, 1041–1054.
- Ercegovic, A., 1952. *Jadranske Cistozire*. Institut za Ocenografiju i Rinarstvo, Split, 212 pp.
- Eriksson, B.K., Bergström, L., 2005. Local distribution patterns of macroalgae in relation to environmental variables in the northern Baltic Proper. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 62, 109–117.
- Feldmann, J., 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée. La côte des Albères. *Revue Algologique* 10, 73–254.
- Giaccone, G., 1973. Écologie et chorologie des *Cystoseira* de Méditerranée. *Rapports de la Communauté Internationale de la Mer Méditerranée* 22, 49–50.
- Giaccone, G., Bruni, A., 1973. Le Cistoseire e la vegetazione sommersa del Mediterraneo. *Atti dell'Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti* 131, 59–103.
- Gómez-Garreta, A., Barceló, M., Gallardo, T., Pérez-Ruza, I., Ribera, M.A., Rull, J., 2000. Flora Phycologica Iberica. In: *Fucales*, vol. 1. Universidad de Murcia, Servicio de Publicaciones, Murcia, 192 pp.
- Grasshoff, K., Ehrhardt, M., Kremling, K., 1983. *Methods of Seawater Analysis*. Verlag Chemie, Germany, 419 pp.
- Hoffmann, L., Clarisse, S., Detienne, X., Goffart, A., Renard, R., Demoulin, V., 1988. Evolution of the populations of *Cystoseira balearica* (Phaeophyceae) and epiphytic Bangiophyceae in the Bay of Calvi (Corsica) in the last eight years. *Bulletin de la Société Royale de Liège* 4–5, 263–273.
- Hopkin, R., Kain, J.M., 1978. The effects of some pollutants on the survival, growth and respiration of *Laminaria hyperborea*. *Estuarine and Coastal Marine Science* 7, 531–553.
- Kut, D., Topcuoglu, S., Esen, N., Küçükcezar, R., Güven, K.C., 2000. Trace metals in marine algae and sediment samples from the Bosphorus. *Water, Air and Soil Pollution* 118, 27–33.
- Legendre, P., Anderson, M.J., 1999. Distance-based redundancy analysis: testing multispecies responses in multifactorial ecological experiments. *Ecological Monographs* 69, 1–24.
- Levine, H.G., 1984. The use of seaweeds for monitoring coastal waters. In: Shubert, L.E. (Ed.), *Algae as Ecological Indicators*. Academic Press, London, pp. 189–210.
- Llompert, C., Obrador, A., Rosell, J., 1979. *Enciclopèdia de Menorca. Primer Tom: Geografia Física. Obra Cultural Balear de Menorca*, Maó, 373 pp.
- López, G., 1991. L'estructura de l'economia de Menorca. La indústria. *Enciclopèdia de Menorca. Tom XII: Economia. Obra Cultural de Menorca*, Maó, Capítol primer, pp. 7–22.
- Mangialajo, L., Ruggieri, N., Asnaghi, V., Chiantore, M., Povero, P., Cattaneo-Vietti, R., 2007. Ecological status in the Ligurian Sea: the effect of coastline urbanisation and the importance of proper reference sites. *Marine Pollution Bulletin* 55, 30–41.
- McArdle, B.H., Anderson, M.J., 2001. Fitting multivariate models to community data: a comment on distance-based redundancy analysis. *Ecology* 82, 290–297.
- Munda, I., 1974. Changes and succession in the benthic algal associations of slightly polluted habitats. *Revue Internationale d'Océanographie Méditerranéenne* 34, 37–52.
- Munda, I., 1982. The effects of organic pollution on the distribution of fuoid algae from the Istrian coast (vicinity of Rovinj). *Acta Adriatica* 23, 329–337.
- Munda, I., 1993. Changes and degradation of seaweed stands in the northern Adriatic. *Hydrobiologia* 260/261, 239–253.
- Munda, I., Veber, M., 1996. Simultaneous effects of trace metals and excess nutrients on the Adriatic seaweed *Fucus virsoides* (Don.) J. Ag. (Phaeophyceae, Fucales). *Botanica Marina* 39, 297–309.
- Pinedo, S., García, M., Satta, M.P., de Torres, M., Ballesteros, E., 2007. Rocky-shore communities as indicators of water quality: a case study in the Northwestern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin* 55, 126–135.
- Rodríguez-Femenías, J.J., 1889. Algas de las Baleares. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 18, 199–274.
- Rosell, J., Llompert, C., 2002. El naixement d'una illa. Menorca. Institut Menorquí d'Estudis, Maó, 279 pp.
- Sauvageau, C., 1912. À propos des *Cystoseira* de Banyuls et de Guéthary. *Bulletin de la Station Biologique d'Arcachon* 14, 133–556.
- Scavia, D., Bricker, S.B., 2006. Coastal eutrophication assessment in the United States. *Biogeochemistry* 79, 187–208.
- Serio, D., Alongi, G., Catra, M., Cormaci, M., Furnari, G., 2006. Changes in the benthic algal flora of Linosa Island (Straits of Sicily, Mediterranean Sea). *Botanica Marina* 49, 135–144.
- Soltan, D., Verlaque, M., Boudouresque, C.F., Francour, P., 2001. Changes in macroalgal communities in the vicinity of a Mediterranean sewage outfall after the setting up of a treatment plant. *Marine Pollution Bulletin* 42, 59–70.
- Steneck, R.S., Carlton, J.M., 2001. Human alterations of marine communities. Students beware! In: Bertness, M.D., Gaines, S.D., Hay, M.E. (Eds.), *Marine Community Ecology*. Sinauer, Massachusetts, pp. 445–468.
- Steneck, R.S., Graham, M.H., Bourque, B.J., Corbett, D.J., Erlandson, J.M., Estes, J.A., Tegner, M.J., 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation* 29, 436–459.
- Thibaut, T., Pinedo, S., Torras, X., Ballesteros, E., 2005. Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, North-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 50, 1472–1489.
- van der Maarel, E., 1979. Transformation of cover abundance values in phytosociology and its effects on community similarity. *Vegetatio* 39, 97–114. <http://www.obsam.cat>.

Impacte de la contaminació i capacitat de recuperació en tres espècies del gènere *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta).

Sales M. (2010). Pollution impacts and recovery potential in three species of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta). Tesi doctoral (capítol IV). Universitat de Girona.

Es va portar a terme un experiment per estudiar els efectes de la contaminació en tres espècies del gènere *Cystoseira* (*Cystoseira crinita*, *C. spinosa* v. *tenuior* i *Cystoseira barbata*). Es van trasplantar individus de *Cystoseira* d'una badia natural (Fornells) a dues àrees d'una badia artificialitzada (port de Maó) amb diferents nivells de contaminació (cala Llonga: lloc molt contaminat; cala Teulera: lloc lleugerament contaminat). La presència de les espècies d'estudi al port de Maó va ser documentada per l'algòleg Joan Joaquim Rodríguez-Femenías fa uns 100 anys i, actualment, hi són absents. Es va comprovar que el port de Maó patia contaminació per metalls pesants, però no presentava eutrofització de les aigües. A cala Llonga (lloc molt contaminat), la concentració de metalls pesants als teixits dels individus de *Cystoseira* va augmentar. Al mateix temps, va disminuir significativament la supervivència i el creixement d'aquests espècimens. Amb aquest resultat s'ha aportat la primera evidència experimental de la desaparició de *Cystoseira* relacionada amb la contaminació. A cala Teulera, la zona lleugerament contaminada, les concentracions de metalls pesants a l'ambient, tot i ser més elevades que les concentracions detectades al lloc control (Fornells), no excedien diversos valors de referència proposats per diferents autors com a valors a partir dels quals hi pot haver efectes negatius en la biota. En aquest lloc, els espècimens de *Cystoseira* no van mostrar disminució en la seva supervivència ni en el seu creixement, indicant doncs, que les espècies desaparegudes a cala Teulera hi poden viure actualment. La causa més probable d'aquest fet és una millora de la qualitat de l'aigua relacionada amb la construcció d'infraestructures per a la conducció i el tractament de les aigües residuals. Tot i la millora de la qualitat de les aigües a cala Teulera, no s'havia donat recuperació natural de les poblacions de *Cystoseira*. Els zigots de les espècies de *Cystoseira* són molt grans i presenten una capacitat de dispersió molt baixa, essent probablement la causa per la qual la recuperació de les poblacions de *Cystoseira* és nul·la o molt lenta. Per tant, doncs, es suggereix estudiar la possibilitat d'utilitzar el trasplantament d'espècimens adults de *Cystoseira* com a tècnica per restaurar poblacions extingides.

Introduction

Pollution is currently one of the main threats to marine biodiversity worldwide (Lotze et al. 2006). The number and variety of pollutants present in the sea is high, and excessive inorganic nutrients, heavy metals, detergents, herbicides and pesticides are common in coastal waters (Osterberg & Keckes 1977, Köck et al. 2010). Inorganic nutrients are present in natural environments, but their concentrations near urban areas are usually enhanced (Nixon 1995, Scavia & Bricker 2006). Overload of inorganic nutrients (or eutrophication) stimulates phytoplankton production and increases turbidity leading to changes in the species composition and the structure of littoral communities (McGlathery et al. 2007). Moreover, increased nutrient concentrations in seawater favour opportunistic species, while long-lived species such as seagrasses and perennial macroalgae gradually decline (Munda 1982, Schramm 1999).

Industrial activities introduce large amounts of heavy metals and other harmful substances to the environment (Nriagu & Pacina 1988). The threats of these substances to marine biota have been largely addressed by scientific work (Wundram et al. 1996, Macfarlane & Burchett 2001, Pospelova et al. 2002). Reduced survival, growth and photosynthetic activity have been detected in algae as a consequence of heavy metal pollution (Hopkin & Kain 1978, Chung & Brinkhuis 1986, Gledhill et al. 1997, Baumann et al. 2009). Moreover, algae can accumulate heavy metals and pass them on to organisms of other trophic levels such as molluscs, crustaceans, fishes and, ultimately, to humans (Pinto et al. 2003).

The most toxic pollutants, such as some heavy metals, can have lethal effects on sensitive species at relatively low concentrations (Phillips 1995). Disappearances of populations are of particular concern when the species

involved are long-lived and/or habitat engineers. This is the case of the algae of the orders Fucales and Laminariales whose losses cause strong shifts in abundance and diversity of associated flora and fauna (Graham 2004). Indeed, the disappearance of numerous habitat-forming macroalgae has been attributed to pollution associated to urban development (Arnoux & Bellan-Santini 1972, Belsher 1977, Chryssovergis & Panayotidis 1995, Coleman et al. 2008, Connell et al. 2008, Mangialajo et al. 2008). Furthermore, these habitat-forming algae take a long time to recover when water quality improves (Soltan et al. 2001, Coleman et al. 2008, Díez et al. 2009).

Algae of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta) are amongst the most important habitat-forming species in Mediterranean shallow waters (Feldmann 1937, Giaccone 1973), with around 30 species dominating very productive, complex and diverse assemblages at different depths (Boudouresque 1971c, 1972, Ballesteros 1988, 1990a, b, Ballesteros et al. 1998, 2009, Hereu et al. 2008). *Cystoseira* spp. are currently experiencing severe decline in many Mediterranean regions (Cormaci & Furnari 1999, Thibaut et al. 2005, Serio et al. 2006). Observational studies have generally suggested pollution as the main factor influencing the disappearance of *Cystoseira* spp. (Bellan-Santini 1968, Golubic 1970, Munda 1974, 1982, 1993, Chryssovergis & Panayotidis 1995, Arévalo et al. 2007). Experimental evidence for many Atlantic kelps and species of the order Fucales indicates strong negative impacts of heavy metal and other harmful substances on survival, growth, reproduction and settlement (Strömberg 1979, 1980, Chung & Brinkhuis 1986, Marsden et al. 2003). However, there are no studies providing experimental evidence for the disappearance of *Cystoseira* species related to pollution. Moreover, although in the EU great efforts are directed to improve water quality through the implementation of the Water

Framework Directive (WFD 2000/60/EC), and *Cystoseira* species are used as indicators of good water quality (Ballesteros et al. 2007), no recovery of *Cystoseira* populations after improvement of water quality has been detected (Soltan et al. 2001, Díez et al. 2009). Therefore, management measures addressed to facilitate the recovery of these populations in areas where water quality has improved may favour the re-establishment of *Cystoseira* populations.

The island of Minorca (Balearic Islands, NW Mediterranean) is a relatively well preserved area (Ballesteros 1989b) where dense *Cystoseira* spp. stands are still present in littoral environments (Sales & Ballesteros 2009). However, Maó harbour, a very enclosed bay, has suffered the impact of a very developed industry during the second half of the XIXth century and most of the XXth century (López 1991). For many years, sewage was continuously discharged via inshore outfalls into shallow waters of Maó harbour. In 1980, a deep-water ocean outfall was built (Hoyo 1981) and inshore discharge ceased, which likely resulted in some degree of water quality improvement in the area. Although *Cystoseira* spp. are currently almost extinct at Maó harbour (Sales & Ballesteros 2009), the presence of *Cystoseira* species was documented more than one century ago (Rodríguez-Femenías 1889). This suggests that Maó harbour shelters suitable habitats for those algae and that their extinction was probably due to increased pollution. Therefore, we hypothesized that *Cystoseira* species disappeared from Maó harbour due to the increased pollution related to urban and industrial activities during the XXth century.

The aim of this study was (1) to provide the first experimental evidence on the effect of pollution on *Cystoseira* spp. survival and fitness in Mediterranean coastal waters, and (2) to test if *Cystoseira* populations

were able to recover in areas where management actions addressed to ameliorate seawater quality had been established. To achieve these objectives, we transplanted individuals of the species *C. crinita*, *C. barbata* and *C. spinosa* v. *tenuior* from a non-polluted area (Fornells Bay) to two places at Maó harbour displaying two different levels of pollution: a highly polluted area, to assess the effects of pollution on *Cystoseira* populations, and a slightly polluted area, to assess if *Cystoseira* was able to recover following water quality improvement.

Materials and methods

Study area

Minorca is the northern-most island of the Balearic Archipelago (NW Mediterranean) (Fig. 1), measuring about 50 km in length and 20 km in width. The number of *Cystoseira* species and the extension they cover in the rocky shores of the island is high in comparison to adjacent areas in the mainland (Sales & Ballesteros 2009) which is in agreement with its good water quality. However, some focuses of pollution exist around the two main towns: Maó and Ciutadella. Maó harbour is the most problematic area in Minorca due to the urban and industrial activities concentrated around it and to the fact that it is a very enclosed bay with low water exchange (Hoyo 1981). Besides shipping, several industrial activities have been and are being carried out in Maó, such as custom jewellery manufacture, production of electricity from fuel, aquaculture and discharge of gasoline transported to the island (López 1991, www.obsam.cat). Maó, the main town of the island, with 30.000 inhabitants, Es Castell, a smaller town with 8.000 inhabitants, and several small urbanisations are located at the shoreline of Maó harbour. The

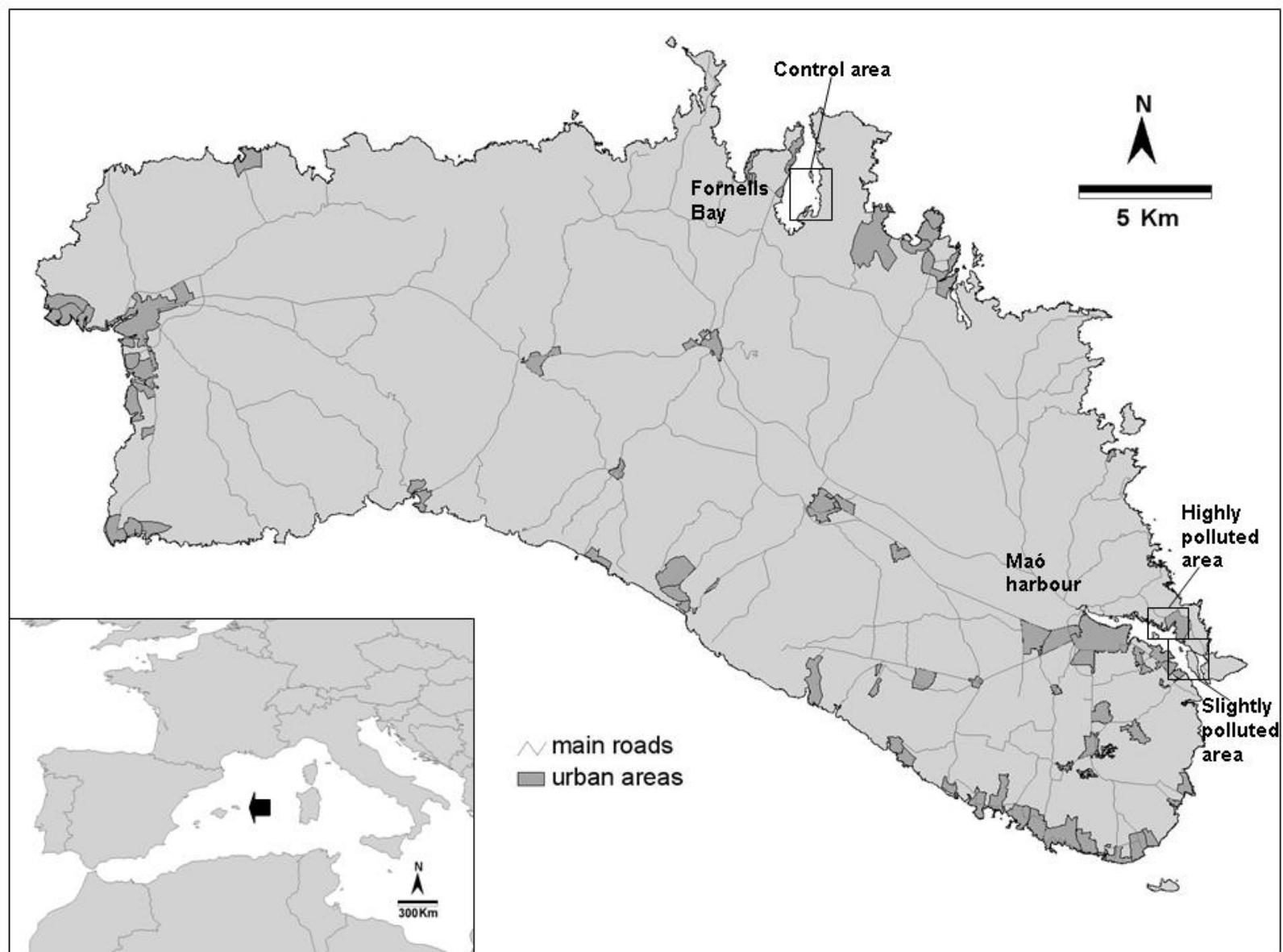


Fig. 1. Map of the study area.

waste waters from all these towns and urbanisations were directly dumped into the harbour until 1980, when a sewage outfall which diverted these waste waters to the open sea was built (Hoyo 1981). In contrast, Fornells Bay is a bay with a similar morphology to Maó with low human influence that still harbours extensive seagrass meadows (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii*) (Delgado et al. 1997) and healthy *Cystoseira* spp. stands (Sales & Ballesteros 2009).

Transplants

Three different environmental situations were selected (Fig. 1). Fornells Bay was chosen as the control area. Cala Teulera (chosen as slightly polluted area) is a natural cove situated at the entrance of Maó harbour, which shelters a reduced meadow of the seagrass *Cymodocea nodosa* and some stands of *Cystoseira compressa* and *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa*. Cala Llonga (chosen as a heavily polluted area) is an urbanised cove with a marina situated inside the Maó harbour, without seagrass meadows and no *Cystoseira* stands. The rocky shore is covered by a photophilic algal community dominated by members of the order Dictyotales like *Padina pavonica* and *Dictyota dichotoma*, less sensitive to pollution stress than *Cystoseira* spp. (Ballesteros et al. 2007). The bays chosen as control and polluted area have different orientations (north and east respectively), but there were no other bays with similar characteristics in the study area. In our experiment we chose three common *Cystoseira* species thriving in the upper sublittoral zone from sheltered areas: *C. barbata*, *C. crinita* and *C. spinosa* v. *tenuior*. None of these species are currently present at Maó harbour, although the presence of *C. barbata* and *C. crinita* was documented in the past by Rodríguez-Femenías (1889). We do not know whether *C. spinosa* v. *tenuior* has ever been present at Maó harbour, but this species is quite abundant in sheltered areas from the north coast of

Minorca (Sales & Ballesteros 2009) and thus likely to have been present in Maó.

The experiment was started in January 2008 and lasted 9 months. The experimental design consisted of four treatments: control (C), transplant control (TC), slightly polluted (SP) and highly polluted (HP). Between 16 and 20 *Cystoseira* specimens (replicates) of similar shape and length were used for each species and treatment. The control treatment (C) consisted of untouched specimens that were tagged at the beginning of the experiment and monitored throughout the experimental period. Other treatments consisted of *Cystoseira* specimens that were transplanted to the control area (TC), the slightly polluted area (SP) and the highly polluted area (HP). *Cystoseira* specimens were collected from the control area at random using a hammer and chisel together with a piece of substrate to avoid damage to the algal tissue. Specimens were transported to the SP and HP areas in tanks with aerated seawater by boat and van and then attached to the rocky substrate at the destination locations using Ivegor® epoxy glue. The specimens transplanted to the control sites were submitted to the same procedure than the specimens transplanted to the polluted sites. All the transplanted specimens were tagged and the length of the main primary axis was measured (Ballesteros et al. 1998).

Throughout the experiment three water samples (replicates) were collected monthly from each location (Fornells Bay: C and TC treatments; Cala Teulera: SP treatment; Cala Llonga: HP treatment) in order to analyze dissolved nutrient concentrations. Sediment samples were also collected from the different locations at the beginning and at the end of the experimental period and analyzed for environmental heavy metal concentrations. All these samples were frozen at -20°C until analysis.

Survival of the *Cystoseira* specimens was checked during the visits to collect water samples, and presence of recruits was recorded for each species at each site. The experiment was finished after 9 months, when the number of survivors of some of the species and treatments was critical concerning the optimum number of necessary replicates for adequate sample and data analysis. At the end of the experiment, all living specimens were collected and transported to the laboratory, where the length of the main axis of each specimen was measured. *Cystoseira* epiphytes were removed as well as the sediment and any other foreign material, and specimens were subsequently rinsed in abundant seawater. Pieces of differently aged parts of each specimen (holdfast, stipe and branches) were cut and placed in small labelled plastic tubes, since differently-aged parts of some algae exhibit distinct accumulation of substances such as nutrients and heavy metals (Forsberg et al. 1988, Delgado et al. 1994, Burger et al. 2007). Samples were frozen at -20°C.

Heavy metal and nutrient content

Concentration of inorganic dissolved nutrients (phosphates, nitrates, nitrites, ammonia and silicates) was measured in water samples according to Grasshoff et al. (1983) methods using an Alliance Evolution II Autoanalyzer. In addition, we determined total carbon, total nitrogen and total phosphorus contents for algal tissues. Tissue samples were freeze-dried and ground to a homogeneous powder in a glass mortar. Total C and total N in algal tissues were determined using a Carlo Erba CHN elemental analyzer. For P analyses, samples of 0.1 g were weighed and submitted to acid attack. After that, P content was determined using an inductively coupled plasma optical emission spectrometer (Thermo Jarrell Ash, ICAP 61E).

Concentrations of Cd, Pb, Cu, Cr, Zn, Mn, V, As and Hg were measured in algal tissue and sediment samples, which were freeze-dried and ground to a homogeneous powder in a glass mortar. Approximately 0.1 g of sample was subjected to digestion in Teflon reactors to which 3 ml of Merck Suprapur 65% nitric acid and 1 ml of H₂O₂ were added. The reactors were then placed in an oven at 95°C during 24 h for digestion. After that, 6 ml of Milli Q water were added to each reactor and the final content of the reactors was transferred to vials. The solutions in the vials were then diluted 1 to 20 with 1% HNO₃ and 10 ppb of Rh was added as an internal standard. 71 blanks were prepared (reactors in which only the 3 ml of nitric acid and 1 ml of H₂O₂ were introduced, with no sample) and analyzed to be used as controls for possible contamination during the preparation of the digestions in the laboratory. Heavy metal content in tissue and sediment samples was analyzed using an inductively coupled plasma mass spectrometer (Perkin Elmer Elan 6000). The concentration of Cr, Cu and Mn exceeded sometimes the optimum range of concentration for ICP-MS, and an inductively coupled plasma optical emission spectrometer was then used (Thermo Jarrell Ash, ICAP 61E).

Data analysis

Two-way analysis of variance (ANOVA) was used to test for differences in dissolved nutrient concentrations in seawater among study locations and dates. The ANOVA design was crossed; study location was a fixed factor, while date was a random factor. As heavy metal concentrations in sediment samples from the beginning and the end of the experiment did not differ significantly (ANOVA; $p > 0.05$), all samples were considered as replicates. A one-way ANOVA was used to test for differences in heavy metal concentrations in sediments among study locations. Tukey

post-hoc tests were applied to identify which locations differed from others.

Differences in nutrient and heavy metal content in algal tissues were analyzed with multivariate analysis of variance (MANOVA), with three fixed and crossed factors: species (with three levels: *C. barbata*, *C. crinita* and *C. spinosa*), part of the alga (with three levels: holdfast, stipe and branches), and treatment (with four levels: C, TC, SP and HP). MANOVA revealed a significant interaction species x tissue x treatment in nutrient and heavy metal content of algal tissue samples (Table 1). Therefore, and to simplify results, we decided to work separately for each *Cystoseira* species and to use only the nutrient and heavy metal concentrations from the stipes of the algae. We discarded holdfasts because they are in continuous contact with rock and sediment, which could cause interference in the analysis due to contamination with fine particles (Bryan & Hummerstone 1973). In addition, we decided not to use branches either, because of their temporary nature, especially in *C. spinosa*. In order to abridge the information, only Pb, Cu, Zn and As concentrations in algal tissues were examined by ANOVA to test for differences among experimental treatments. These heavy metals were chosen because they are amongst the most toxic trace metals (Macfarlane & Burchett 2001) and because most of the other metals were present in algal tissues at very low concentrations, often under the detection limits of the spectrometers.

Differences in C, N and P content in stipe tissue among experimental treatments were tested separately for each *Cystoseira* species using one-way ANOVAs. Post-hoc Tukey tests were applied to check which pairs of treatments differed. The same procedure was followed for the heavy metals Pb, Cu, Zn and As. In addition, the concentrations of these four

heavy metals in algal tissues were divided by the heavy metal concentration in the sediments of the control sites (Bioaccumulation Factors: BF) in order to assess the amount of heavy metals in algae respect to the amount of heavy metals in the environment; Cebrian et al. 2007).

A chi-square test was used to test for differences in survival of individuals at the end of the experiment among treatments for each *Cystoseira* species. Finally, a one-way ANOVA was applied to test for differences in final growth (length increase) of the specimens among experimental treatments for each *Cystoseira* species.

Source	Wilks value	F	p
Species	0.177	91.69	0.0001
Part	0.667	9.87	0.0001
Treatment	0.157	30.07	0.0001
Species X Part	0.329	8.94	0.0001
Part X Treatment	0.471	3.26	0.0001
Species X Treatment	0.326	5.06	0.0001
Species X Part X Treatment	0.331	2.17	0.0001

Table 1. Results of the three-way MANOVA applied to nutrient and heavy metal concentration in algal tissues. The tested factors are *Cystoseira* species (fixed), part of the alga (fixed) and treatment (fixed). The factors are crossed.

Results

Dissolved nutrient concentrations in seawater and heavy metal concentrations in sediments

Inorganic nutrient concentrations in surface seawater were low at all localities and dates (Fig. 2). Minimum and maximum mean values were: phosphates (0.04-0.21 μM), nitrates (0.01-2.28 μM), nitrites (0.01-0.35 μM), ammonia (0.01-1.74 μM) and silicates (0.53-3.24 μM). Temporal variations with punctual concentration peaks were observed in dissolved nutrient concentrations among sites, as illustrated by the significant interaction term (treatment x date) for phosphates, nitrates, nitrites and ammonia (Table 2). Silicate concentrations differed among sites, with control sites showing the highest values.

Concentrations of most of the analyzed heavy metals were higher in sediments from polluted areas than in sediments from control area. This trend was true for lead, copper, chromium, zinc, manganese, vanadium and arsenic, for which significant differences among localities were detected (Fig. 3). The concentrations of these heavy metals at the slightly polluted area were 2 to 5-fold the concentrations at the control area. At the heavily polluted area, the concentrations were approximately 2-fold the concentrations at the slightly polluted area. Cadmium displayed an opposite trend, with higher concentrations at control areas than at polluted areas, while there were no significant differences among locations in mercury concentration.

Table 2. Results of the two-way ANOVAs applied to nutrient concentrations in seawater. The tested factors are locality (fixed) and date (random), and the factors are crossed.

Source	d.f.	F	p
PO₄			
Locality	2	2.009	0.163
Date	9	3.119	0.018
Locality X Date	18	7.836	0.0001
NO₃			
Locality	2	4.342	0.029
Date	9	1.583	0.19
Locality X Date	18	3.245	0.0001
NO₂			
Locality	2	2.129	0.148
Date	9	2.371	0.055
Locality X Date	18	8.456	0.0001
NH₄			
Locality	2	0.508	0.61
Date	9	2.719	0.033
Locality X Date	18	8.365	0.0001
SiO₄			
Locality	2	5.07	0.018
Date	9	1.41	0.247
Locality X Date	18	1.581	0.072

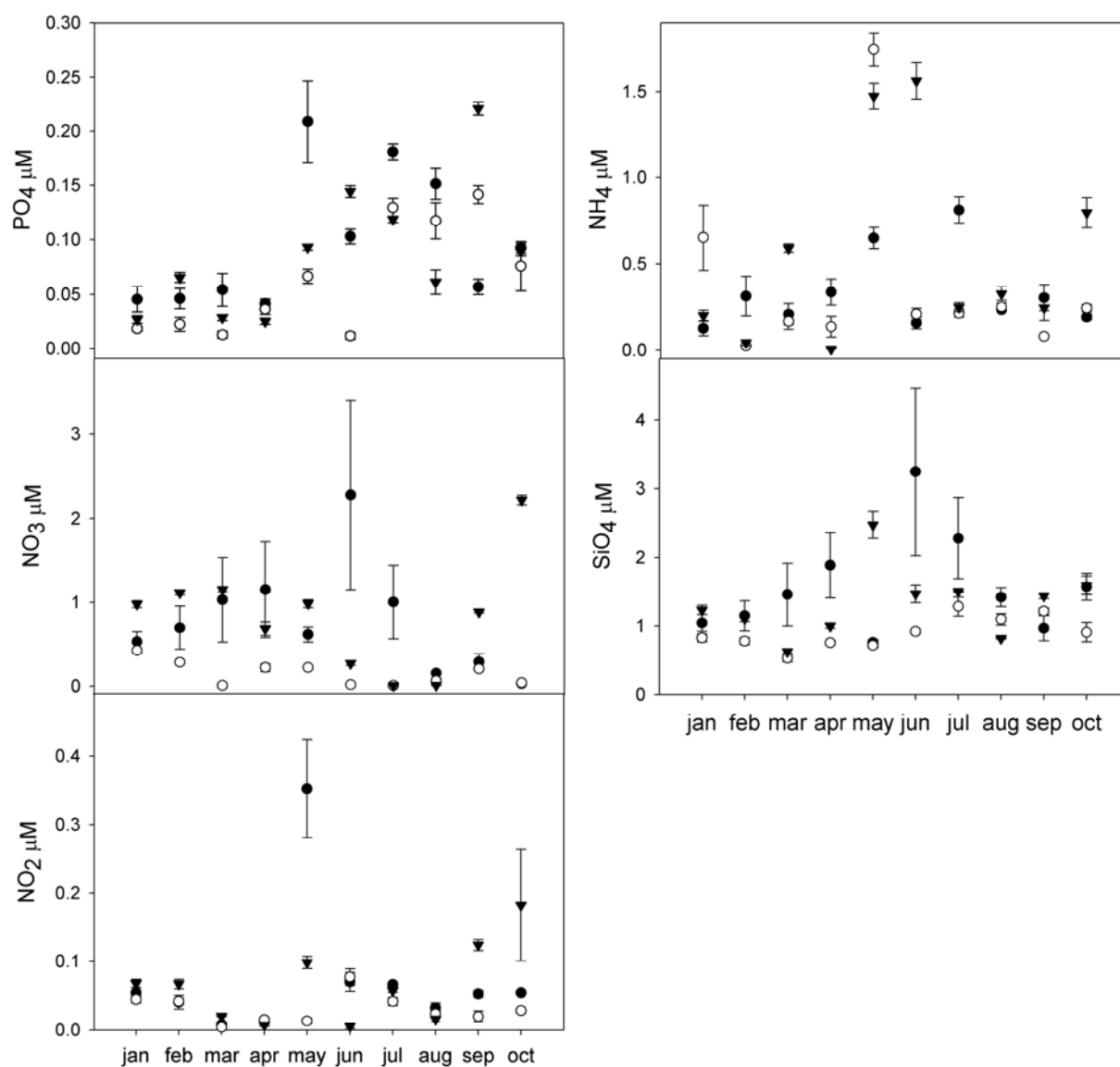


Fig. 2. Mean inorganic nutrient concentrations in seawater ($\pm 1\text{SE}$) from the different localities and dates. Full rounds: control area, empty rounds: slightly polluted area, triangles: heavily polluted area.

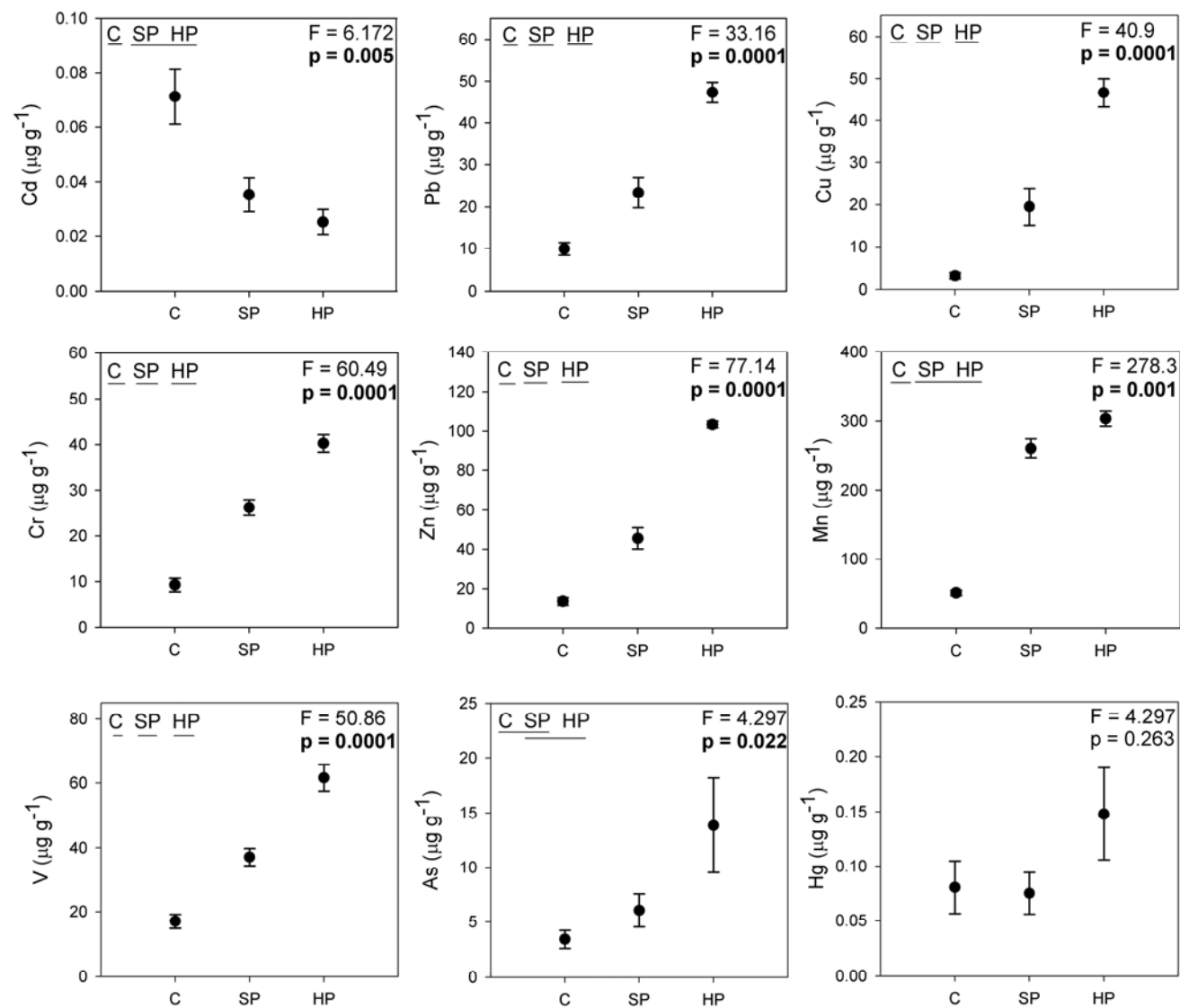


Fig. 3. Mean heavy metal concentrations in sediments ($\pm 1\text{SE}$) from the different localities. Results of the one-way ANOVAs among localities are shown in the upper-right corner of every graph.

Algal tissue nutrient and heavy metal content

Mean C percentage per species and treatment ranged from 29.66 to 34.40, being significantly higher in the slightly polluted area for *C. barbata* (Fig. 4a) and significantly lower in the highly polluted area for *C. crinita* and *C. spinosa* (Fig. 4b and 4c). Mean N percentage in *Cystoseira* stipes ranged from 0.74 to 1.46. For *C. barbata* specimens, N content was significantly higher in SP and HP treatments than in the TC treatment (Fig. 4d). In *C. crinita*, N content was significantly higher in SP and HP treatments than in control specimens (both C and TC treatments) (Fig. 4e). In *C. spinosa*, N percentage was significantly lower for SP treatment than for the rest of treatments (Fig. 4f). Taking into account all species and treatments, mean P concentration ranged from 34.23 to 82.82 ppm. Although ANOVA indicated significant differences in P content of *C. barbata* tissues among treatments, Tukey test did not detect any differences between pairs of treatments (Fig. 4g). P content was significantly higher in specimens from HP treatment than in specimens from SP treatment for *C. crinita* (Fig. 4h) and significantly higher in HP treatment than in TC treatment for *C. spinosa* (Fig. 4i).

Lead, copper and zinc concentrations increased in *Cystoseira* specimens transplanted to Maó harbour during the experiment (Fig. 5). Except for Pb in *C. barbata* (Fig. 5a), there were significant differences in these heavy metal concentrations among experimental treatments. Concentrations between C and TC treatments did not differ, while specimens submitted to HP and, sometimes to SP treatments, showed significantly higher heavy metal concentrations than control specimens (Fig. 5b to 5i). Cu concentration in *C. spinosa* showed a different trend with significantly higher concentration in specimens submitted to SP treatment compared to all other treatments (Fig. 5f). In contrast, arsenic concentration in

Cystoseira specimens showed a completely different pattern than the rest of analysed metals, with higher values in control specimens than in specimens transplanted to the polluted areas. In *C. barbata* specimens, As concentration was significantly higher for C treatment than for the rest of treatments (Fig. 5j). For *C. crinita*, specimens submitted to C and TC treatments showed significantly higher As concentration than specimens submitted to SP and HP treatments (Fig. 5k). Finally, for *C. spinosa*, although a slight decrease in As concentration was observed in the specimens submitted to SP and HP treatments compared to specimens submitted to control treatments, no significant differences were detected by ANOVA (Fig. 5l).

All species showed mean bioaccumulation factors (BF=metal concentration in algae/metal concentration in sediments of control sites) of < 1 for Pb, Cu and Zn. Meanwhile, the bioaccumulation factor for As was > 1 , which means that this is the only of those heavy metals which is accumulated in a greater manner in algae than in sediments. (Table 3).

Table 3. Pb, Cu, Zn and As bioaccumulation factors (mean $\pm$ standard error) for the different *Cystoseira* species. The BF have been calculated for the stems of *Cystoseira* plants submitted to the control treatment.

	Bioaccumulation Factor			
	Pb	Cu	Zn	As
<i>C. barbata</i>	0.53 $\pm$ 0.21	0.33 $\pm$ 0.04	0.23 $\pm$ 0.02	5.81 $\pm$ 0.57
<i>C. crinita</i>	0.02 $\pm$ 0.001	0.29 $\pm$ 0.01	0.36 $\pm$ 0.01	1.40 $\pm$ 0.07
<i>C. spinosa</i>	0.03 $\pm$ 0.01	0.14 $\pm$ 0.01	0.09 $\pm$ 0.01	1.13 $\pm$ 0.08

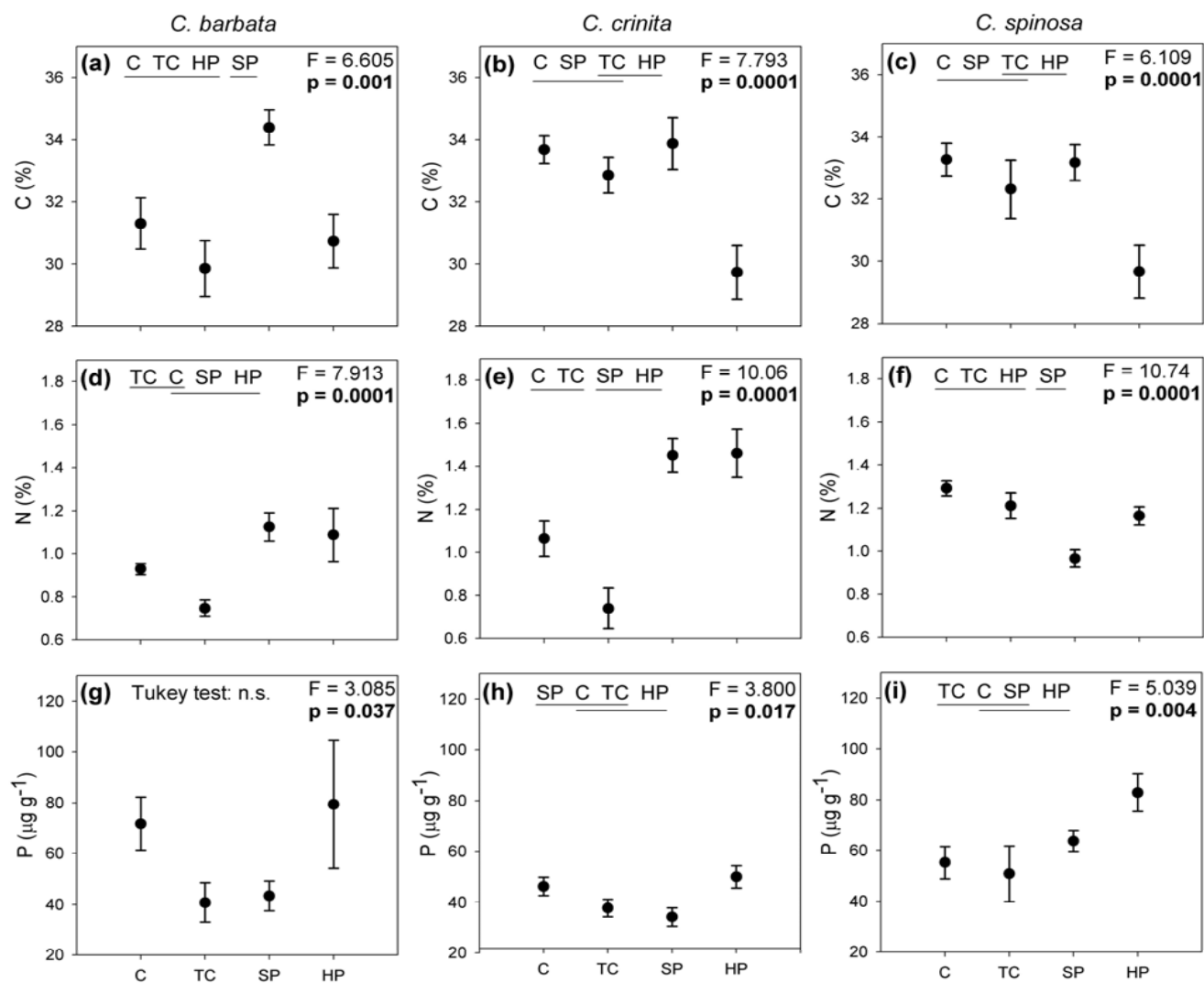


Fig. 4. Mean nutrient concentrations in algal tissue (± 1 SE) for the different *Cystoseira* species and treatments. Results of the one-way ANOVAs among treatments are shown in the upper-right corner of every graph.

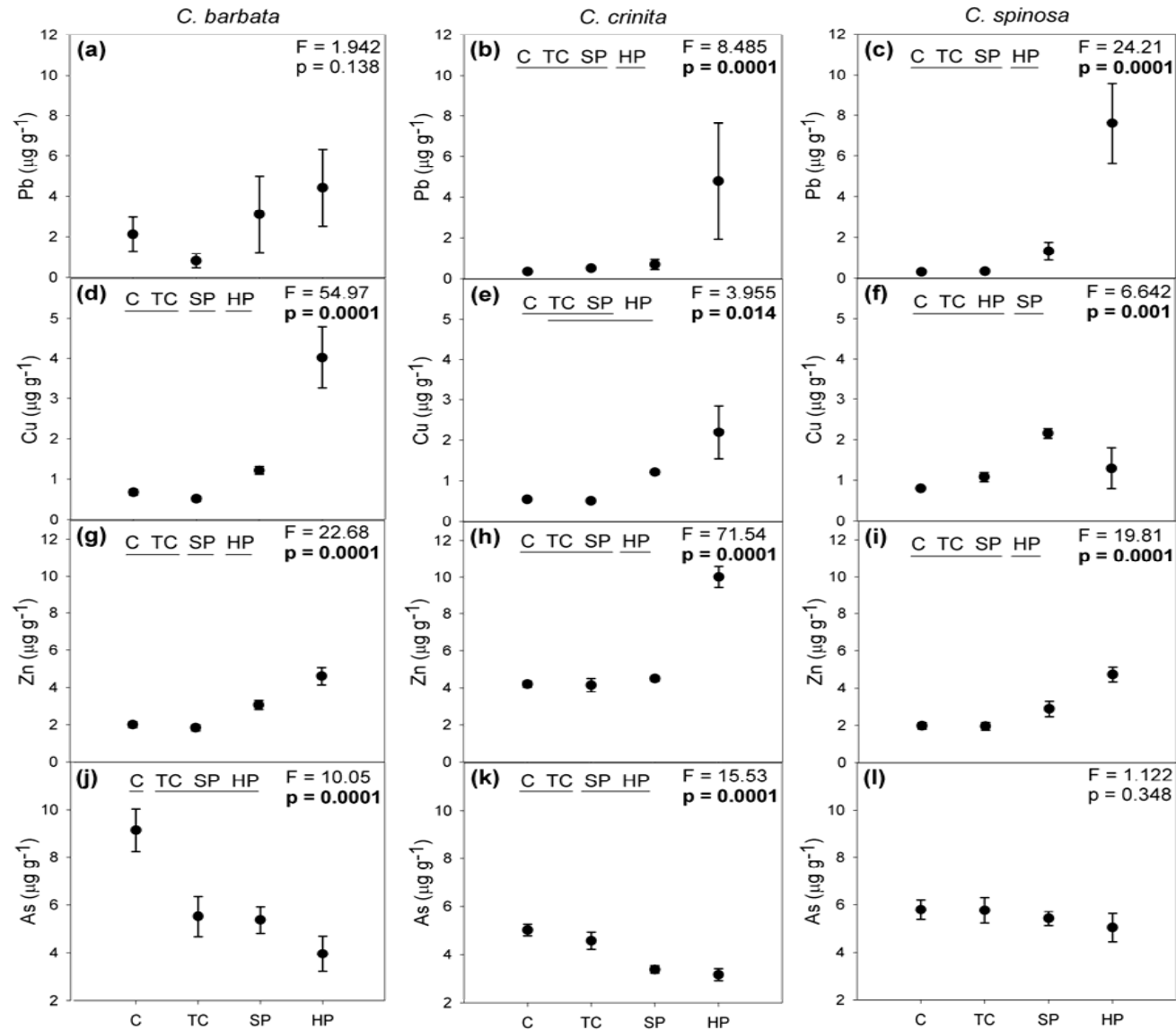


Fig. 5. Mean Pb, Cu, Zn and As concentrations in algal tissue (± 1 SE) for the different *Cystoseira* species and treatments. Results of the one-way ANOVAs among treatments are shown in the upper-right corner of every graph.

Survival and growth of algal specimens

Final survival was significantly lower for *C. barbata* specimens transplanted to the heavily polluted area than for specimens submitted to the rest of treatments. Chi-square test indicated that survival of *C. crinita* specimens transplanted to the HP area was significantly lower than survival of C specimens but not than TC specimens. Survival of *C. crinita* transplanted to the SP area did not differ from survival of specimens submitted to any other treatment. Finally, there were no differences in percent survival of *C. spinosa* specimens among treatments (Fig. 6).

C. barbata specimens transplanted to the slightly polluted area exhibited a significant increase in their length at the end of the experiment, while specimens from the other treatments exhibited a negative growth. *C. crinita* growth was very low in specimens from C, TC and SP treatments but very negative and significantly lower for specimens transplanted to the HP area. Growth of *C. spinosa* was almost nil in C, TC and SP treatments, and negative and significantly lower in specimens transplanted to HP area (Fig. 7). Recruits of the three *Cystoseira* species were found at the control area during all the experimental period, as well as at SP and HP areas seven months after transplantation where they survived and grew during the following two months.

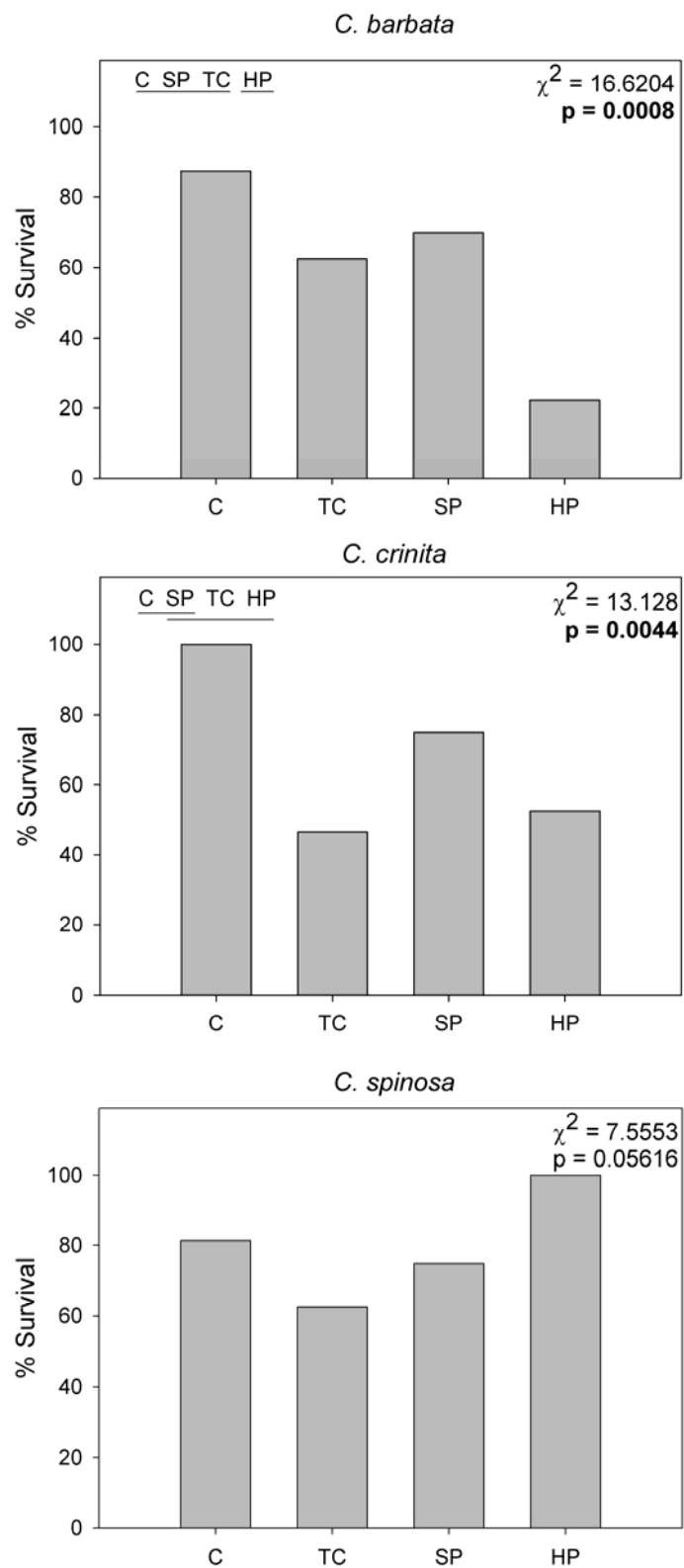


Fig. 6. Percent survival at the end of the experiment of the different *Cystoseira* species for the different experimental treatments. Chi-square test results are shown in the upper-right corner of every graph.

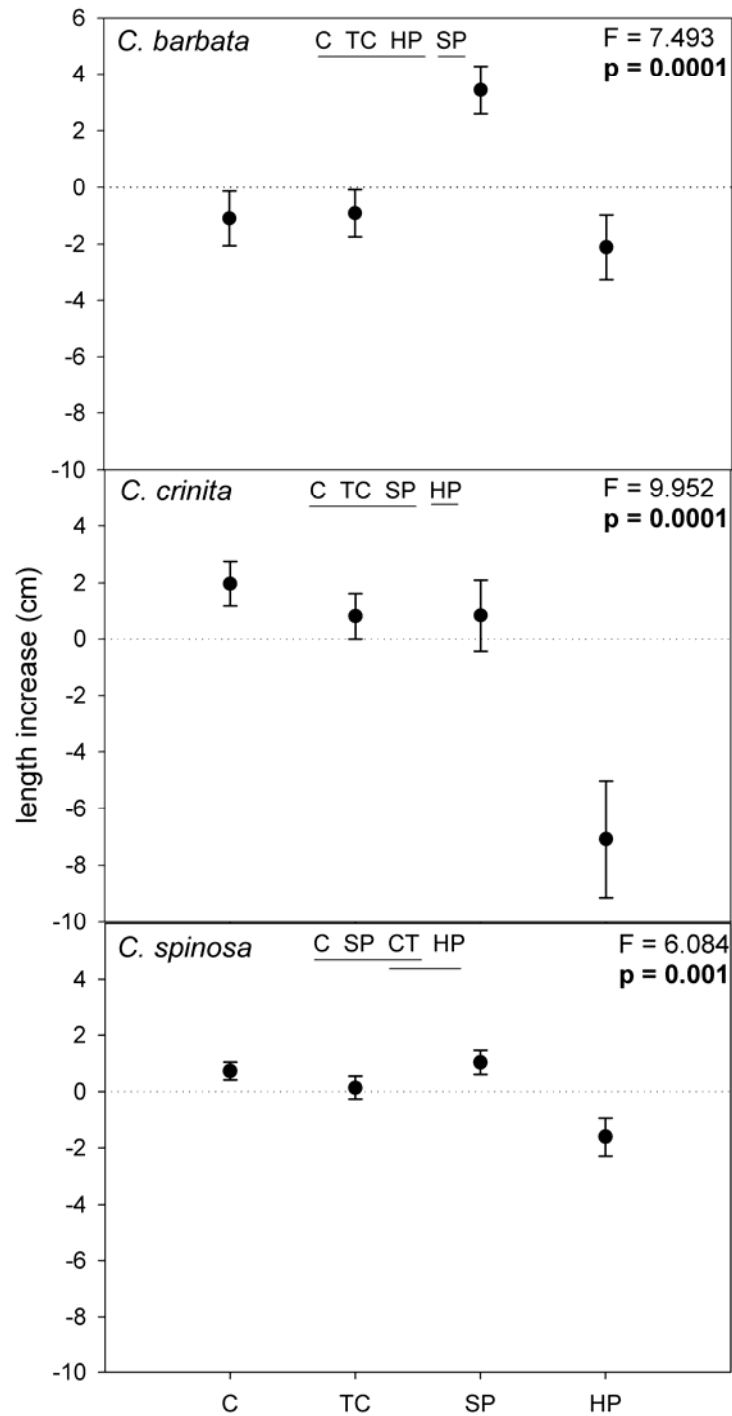


Fig. 7. Mean length increase ($\pm 1SE$) at the end of the experiment of the different *Cystoseira* species for the different experimental treatments. Results of the ANOVAs among treatments are shown in the upper-right corner.

Discussion

Heavy metal contamination at Maó harbour was confirmed by the high heavy metal concentration values found in the sediment, being in some cases around 10-fold the values detected in control areas. However, nutrient levels were very low and similar to the control area suggesting that the current urban waste water management is effective and that eutrophication is almost inexistent.

In fact, dissolved inorganic nutrient concentrations from Maó harbour detected in this study do not differ from characteristic values of unpolluted Mediterranean surface waters (Margalef 1974, Ballesteros 1989a, Ballesteros & Zabala 1993, Ramírez et al. 2005). In the 1970s, very low transparency of the water and phytoplankton blooms were frequent in Maó harbour (Hoyo 1981), which was probably due to high nutrient concentrations. With the construction of an outfall in 1980 water quality has likely improved. However, heavy metals are much more persistent than nutrients, and they can even remain in the environment for 10^8 years (Rainbow 1995). This, together with the fact that industry had a great importance in Maó during the second half of the XIXth century and most of the XXth century (López 1991), probably explains the high concentration of heavy metals found in the sediments of Maó harbour. Cu and Pb values from Cala Llonga exceeded the reference values considered by Long et al. (1995) as critical for possible adverse effects in the environment. Pb concentrations are especially high when compared with values from other harbours from the mainland in NW Mediterranean (Cebrian et al. 2003, 2007) and As concentrations are higher than the values given by Kut et al. (2000) for the Bosphorus, an area considered highly polluted. In Cala Teulera, although heavy metals concentrations were higher than in the control area, they were always

much lower than those from the HP area and never exceeded the reference values of Long et al. (1995).

Heavy metal content increased consistently in specimens transplanted to Maó harbour. This was accompanied by reduced survival in *C. barbata* and reduced growth in *C. crinita* at the highly polluted area. *C. spinosa* survival was unaffected and, although the length of the main axis slightly decreased in specimens transplanted to HP, this did not differ significantly from TC specimens. This suggests that heavy metal pollution could be negatively affecting survival and growth of *Cystoseira* species with species-specific responses. Many authors have found that heavy metals block carbon uptake and photosynthesis, reducing growth and survival of different algal species. Hopkin & Kain (1978) found reduced survival and growth of *Laminaria hyperborea* exposed to different concentrations of mercury, copper, zinc and cadmium. Strömberg (1979, 1980) found that high concentrations of copper reduced the growth of *Ascophyllum nodosum*, *Pelvetia canaliculata*, *Fucus spiralis*, *Fucus vesiculosus* and *Fucus serratus*. Marsden et al. (2003) found reduced survival and growth rate in *Fucus gardneri* specimens transplanted near to an abandoned mine where acid mine drainage was present. There are also other pollutants such as polychlorinated biphenyls (PCBs), detergents and herbicides (Boyle 1984, Levine 1984, Phillips 1995) which are often present in waste waters and reduce survival and growth of some algal species (Hopkin & Kain 1978). Therefore, it is possible that these other pollutants also contributed to reduced survival and growth of *Cystoseira* species. Contaminated areas are often polluted by many substances (Windom 1992) and it is very difficult, if not impossible, to measure all of them.

No significant decrease in survival and growth was detected in specimens transplanted to the slightly polluted area; *C. barbata* specimens

even increased their length and carbon content. *C. barbata* is generally considered a resistant species, as it is quite common in slightly polluted areas from the Adriatic and the Black Sea (Ghirardelli et al. 1973, Munda 1982, Kut et al. 2000). *C. barbata* could be favoured by moderate concentrations of some essential elements, like Cu and Zn or by other environmental variable not measured. In an experiment performed by Strömberg (1979), the growth rate of *Ascophyllum nodosum* increased with a moderate addition of copper. The good health shown by *Cystoseira* specimens after 9 months of transplant to Cala Teulera suggests that these species might be able to survive, and even recruit, in this area with the current conditions. These results suggest that an improvement in water quality at Maó harbour may have led to an amelioration of marine benthic communities. However, to ensure the maintenance of a population it is necessary not only that adults are able to survive, grow and recruit, but also that the number of recruits and their growth allow a sufficient population growth rate over time. Therefore, although our results point in a good direction, further investigation is needed in order to confirm the ability of *Cystoseira* populations to survive and maintain in these ameliorated area. On the other hand, even after the improvement of water quality inside the Maó harbour, probably dating from almost thirty years ago, there has not been a natural recovery of *Cystoseira* spp. stands. This should be related to the high size of the zygotes of the species of the genus *Cystoseira* and other members of the order Fucales (Guern 1962, Clayton 1992) which implies low dispersal ability (Chapman 1995, Kendrick & Walker 1991, 1995, Johnson & Brawley 1998, Dudgeon et al. 2001). Thus, transplant of *Cystoseira* specimens is suggested as a tool to be explored in order to restore extinct populations. Other authors have successfully used similar transplantation methodologies to examine the possibility of using them for environmental mitigation (Falace et al. 2006, Susini et al. 2007).

The species-specific response to the different levels of pollution could be apparently contradictory. For example, *C. barbata*, which is considered a relatively resistant species (Pellegrini et al. 1991), was the only one which showed a significant decrease in survival in the HP area. *C. barbata* is a fast-growing species compared to other *Cystoseira* species (author pers. obs.). Species which present slow growth are often more resilient to changes (McPherson & Williams 1998); however, they have a lower recovery capacity.

Although *Cystoseira* spp. are sensitive to high nutrient levels in sea water (Rodríguez-Prieto & Polo 1996, Arévalo et al. 2007), eutrophication is not currently affecting *Cystoseira* species in Maó harbour as both N and P concentrations in seawater and in algal tissue were very low. A decrease in carbon content in *C. crinita* and *C. spinosa* specimens transplanted to the polluted areas and a carbon increase in *C. barbata* transplanted to the slightly polluted area was the only relevant pattern detected. Higher levels of carbon (~34%) coincided with *Cystoseira* specimens which were displaying positive growth, while lower levels of carbon (~29%) coincided with specimens which were showing negative growth, thus suggesting that carbon content could be an indicator of specimen's health. Similarly, loss of carbohydrates reserves has been described for *Posidonia oceanica* meadows affected by nutrient enriched loadings from a fish farm in Murcia (south-eastern Spain) (Ruiz et al. 2001).

For most metals, bioaccumulation factor values in biota of less than 1 are usually expected (Falusi & Olanipekun 2007). The bioaccumulation factors found in this study were all < 1 , except for the trace element As. Other authors have described high accumulation of arsenic by brown algae (Morita & Shibata 1990, Kut et al. 2000, Tukai et al. 2002). Arsenic is accumulated by aquatic plants as arseno-sugars, a form of minor toxic impact (Phillips 1995). Sanders (1979) suggested that the high

accumulation of arsenic in brown algae was related to a higher amount of phosphates in these algae. Moreover, the inverse absorption pattern found for As in comparison to other metals in *Cystoseira* submitted to the different treatments, suggests that *Cystoseira* normally accumulate As and this process is altered when specimens are stressed. However, the reason why macroalgae and, especially brown algae, accumulate arsenic remains unknown (Tukai et al. 2002).

To summarize, individuals of three *Cystoseira* species (*C. barbata*, *C. crinita* and *C. spinosa*) were transplanted from non-polluted to slightly-polluted (SP) and heavily-polluted (HP) areas, in places known to harbour *Cystoseira* spp. populations before pollution increased one century ago. *Cystoseira* specimens transplanted to the polluted areas absorbed heavy metals and increased their concentration in algal tissues. Negative effects in survival of *C. barbata* and growth of *C. crinita* were detected on specimens transplanted to the HP area. These results suggest that pollution could have been the cause that drove the disappearance of *Cystoseira* species at Maó harbour in the past. However, nor survival neither growth of any of the *Cystoseira* species was affected at the SP area. Probably due to an improvement in water quality related to the construction of a waste water outfall in 1980, nowadays *Cystoseira* specimens seem to be able to live in the less impacted areas of the harbour. Because of the low dispersal range of the zygotes of *Cystoseira* and the difficulty of natural recolonisation, transplantation is suggested as a tool to be explored for restoring extinct populations.