

Experiencias de seguimiento de  
masas de agua en el Parque  
Nacional Marítimo terrestre del  
Archipiélago de Cabrera

Joana M<sup>a</sup> Garau Muntaner  
Servicio de Estudios y Planificación  
Dirección General de Recursos Hídricos



# DMA: Objeto

Establecer un marco para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las **aguas costeras** y las aguas subterráneas para

- Prevenir el deterioro, proteger y mejorar el estado de los **ecosistemas**
- Promover el uso sostenible del agua
- Reducir vertidos, emisiones y pérdidas de sustancias prioritarias y se supriman los vertidos emisiones y pérdidas de sustancias prioritarias peligrosas.
- Garantizar la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y evitar nuevas contaminaciones
- Contribuir a paliar efectos de inundaciones y sequías

# Objetivos medioambientales

- Proteger, mejorar y regenerar **todas las masas** de agua superficial y subterránea con objeto de **alcanzar el BUEN ESTADO** en 2015
- Reducir progresivamente la contaminación procedente de sustancias prioritarias e interrumpir o suprimir gradualmente los vertidos de sustancias peligrosas prioritarias

Planes hidrológicos de cuenca

# Requerimientos DMA

- Caracterización de la demarcación:
  - Tipología y condiciones de referencia
  - Análisis de presiones y evaluación de impacto
- Análisis económico del uso del agua
- Registro de zonas protegidas
- Evaluación y seguimiento del estado de las masas de agua

Indicadores



DMA

# Requerimientos seguimientos DMA

- Seguimiento:
  - Control de vigilancia
  - Control operativo
  - Control de investigación

DMA

# Requerimientos control DMA

Indicador de calidad	Ríos	Lagos	Aguas de transición	Aguas costeras
<b>Biológicos</b>				
Fitoplancton	6 meses	6 meses	6 meses	6 meses
Otra flora acuática	3 años	3 años	3 años	3 años
Macroinvertebrados	3 años	3 años	3 años	3 años
Peces	3 años	3 años	3 años	
<b>Hidromorfológicos</b>				
Continuidad	6 años			
Hidrología	continuo	1 mes		
Morfología	6 años	6 años	6 años	6 años
<b>Fisicoquímicos</b>				
Condiciones térmicas	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Oxigenación	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Salinidad	3 meses	3 meses	3 meses	
Estado de los nutrientes	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Estado de acidificación	3 meses	3 meses		
Otros contaminantes	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Sustancias prioritarias	1 mes	1 mes	1 mes	1 mes

# Demarcación

Demarcación



	Mallorca	Menorca	Ibiza	Formentera	Total
Subterráneas	65	6	16	3	90
Superficiales continentales (3MM)	75	12	7	0	94
Transición	16 (2MM)	13 (1MM)	3 (1MM)	3 (1MM)	35
Costeras	21 (3MM)	6 (1MM)	16 (2MM)		43

# Masas de agua costeras

- Todas las masas costeras de Baleares están englobadas en el Tipo III W, correspondiente a zonas insulares sin influencia continental del mediterráneo occidental




	Tipo I	Tipo II	Tipo III
	Zonas altamente influenciadas por aportes de agua continental	Zonas no influenciadas directamente por aportes de agua continental	Zonas sin influencia continental
Salinidad ‰	< 34.5	34.5 - 37.5	> 37.5
Densidad ‰	< 25	25 - 27	> 27



# Masas de aguas costeras

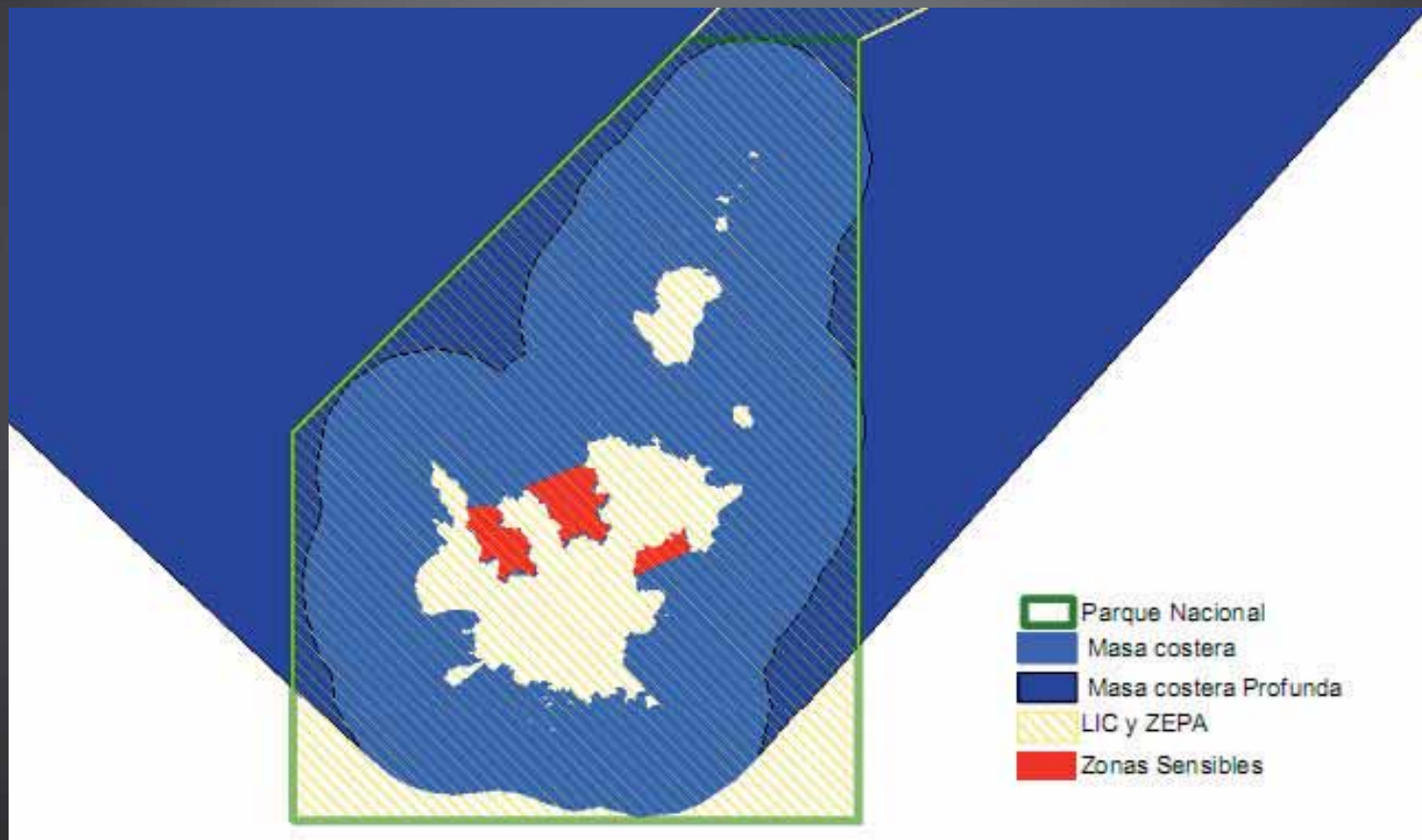
- Tipos de masas costeras:



Tipo		Substrato	Profundidad
MC-M1	Costa rocosa somera	Rocoso	Somera
MC-M2	Costa rocosa profunda	Rocoso	Profunda
MC-M3	Costa sedimentaria somera	Sedimentario	Somera
MC-M4	Costa sedimentaria profunda	Sedimentario	Profunda

# Cabrera

Demarcación



# Cabrera

Demarcación







# Estado ecológico

- Hidromorfológicos
  - Mareas
  - Condiciones morfológicas
- Biológicos
  - Fitoplancton
  - Macroalgas y angiospermas
  - Fauna bentónica de invertebrados
- Fisicoquímicos
  - Generales
  - Sintéticos

# Indicadores hidromorfológicos

CÓDIGO	LONG. (km)	ÁREA (km <sup>2</sup> )	PROF. MÁX.(m)	PROF. MED.(m)	VOLÚMEN (Hm <sup>3</sup> )	
O-09/CW-M3		29	52	-64	-21	1.085
FO-10/CW-M2		15	30	-93	-39	1.163
IB-01/CW-M2		99	133	-120	-68	9.069
IB-02/CW-M4		16	10	-90	-34	334
IB-03/CW-M		61	62	-92	-49	3.034
IB-04/CW-M4		23	32	-80	-42	1.352
IB-05/CW-M3		25	23	-51	-26	579
IB-06/CW-M4		18	21	-55	-34	693
IB-07/CW-M3		25	17	-44	-17	278
IBFO-08/CW-M4		80	124	-81	-27	3.403
MA-01/CW-M2		76	76	-86	-46	3.460
MA-02/CW-M3		15	10	-64	-26	267
MA-03/CW-M2		164	213	-88	-48	10.137
MA-04/CW-M2		6	4	-53	-28	101
MA-05/CW-M3		46	40	-32	-12	495
MA-06/CW-M2		13	22	-54	-28	602
MA-07/CW-M3		43	44	-22	-8	338
MA-08/CW-M3		40	53	-44	-21	1.119
MA-09/CW-M3		87	90	-47	-22	1.954
MA-10/CW-M2		40	26	-58	-33	871
MA-11/CW-M3		71	82	-56	-21	1.695
<b>MA-12/CW-M2</b>		<b>47</b>	<b>69</b>	<b>-109</b>	<b>-62</b>	<b>4.290</b>
MA-13/CW-M2		13	23	-43	-27	623
MA-14/CW-M3		11	15	-30	-19	277
MA-15/CW-M3		63	38	-30	-11	421
MA-16/CW-M3		34	26	-45	-18	475
ME-01/CW-M2		185	179	-95	-31	5.454
ME-02/CW-M3		19	5	-60	-5	26
ME-03/CW-M3		30	7	-54	-18	125
ME-04/CW-M4		69	80	-74	-29	2.355
ME-05/CW-M2		43	42	-63	-23	966

# Indicadores biológicos

- Fitoplancton SCT UIB
  - Concentración de clorofila a
- Macroalgas CEAB
  - CARLIT (V)
  - BENTHOS (O)
- Invertebrados CEAB
  - MEDOCC (AMBI) (V+O)
  - BOPA
- Angiospermas IMEDEA
  - POMI
- Fisicoquímicos SCT UIB

# Fitoplancton

- Composición y abundancia (cualitativo)
  - Masa de referencia: Cabrera
  - Estaciones de referencia Santa Maria y S'Olla
  - Proliferación destacable: el doble de la máxima celular encontrada en las estaciones de referencia por cada campaña.
  - Se han identificado 271 taxones:
    - 141 dinoflagelados
    - 89 diatomeas
    - 26 tóxicos
    - 4 proliferaciones no tóxicas



# Fitoplancton

- Composición y abundancia II
  - Comunidades dominadas por haptofitos acompañados de diatomeas.
  - Especies indicadoras:
    - Euglenofitos
    - Índice suma de dinoflagelados, prasinoficios y criptofitos
    - Diatomeas: Pseudo-nitzschia
    - Dinoflagelados

# Fitoplancton

- Concentración de Clorofila a

	Media	EQR
Valor de referencia	0,2	
Muy bueno/bueno	0,3	0,67
Bueno/moderado	0,5	0,40

- Todas en estado muy bueno excepto dos en estado deficiente.
- Cabrera: Muy bueno

# Macroalgas

- CARLIT: CARtografía de las comunidades bentónicas LITorales (Ballesteros *et al.* 2007)
- Prospección visual de sustratos rocosos
- Valoración de comunidades desarrolladas en el sustrato.
- Campañas:
  - junio 2005-marzo 2007 → Conejera
  - 2009 → Cabrera
- Caracterización de la costa
  - Naturaleza del sustrato (N,A)
  - Tipo de costa (CA, CB)
  - Tipo de bloques (P, G)
  - Grado de inclinación de la pared (H, SV, V, E)

# CARLIT: valoración de comunidades

- Caracterización de comunidades

**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: *Coralina*; L: *Lithophilum*; M: *Mytilus*; U: Ulvácies; Cer: Ceramíacies; Gel: *Gelidium*; Af: Algues fotòfiles; Hv: *Haliptilon virgatum*.)

Comunitats	SL <sub>i</sub>	Comunitats	SL <sub>i</sub>
Cs (calmat)	20	Cs1+U	10
Fanerógames	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

# CARLIT: EQR

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

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

Tipus de Costa	Naturalesa substrat	EQ <sub>rst</sub>
BM	A	12
CB	A	12
CA	A	8
BM	N	12
CB	N	17
CA	N	15

$$EQR = \frac{\text{EQ per a la zona estudiada (EQ}_{sti})}{\text{EQ per a les zones de referència (EQ}_{rst})}$$

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

# CARLIT resultados

Tabla 15. Valor d'EQE per a cada sector de costa o massa d'alga (MA) de les Illes Balears. Mostra el percentatge de costa ambot al 2006 i les categories Major (o) (o) i Menor (o) (o).

Il·la	MA	Delimitació	(%) 2006	EQE 2006	EQE 2009
Mallorca i Cabrera	MA-1A	Cala Falç – Na Foradada	41	1	0,90
	MA-1B	Punta Castellor – Punta Negra	33	1	0,99
	MA-2	Badia de Santa Ponça	51	0,02	0,76
	MA-3A	Punta Negra – Cap Gros	26,5	1	1
	MA-3B	Sea Puntas – Illa Fomentera	37	0,99	0,99
	MA-4	Badia de Sóller	91	0,90	0,71
	MA-5	Badia de Pollença	31	0,97	0,94
	MA-6	Cap Pitxar – Illa d'Aucanada	63	0,99	1
	MA-7	Ills d'Aucanada – Colònia St. Pere	36	0,93	0,90
	MA-8	Colònia St. Pere – Cap Capdepera	21	1	0,95
	MA-9	Cap de Capdepera – Portocolom	33	0,91	0,87
	MA-10	Punta des Juncs – Cala Figuera	50	0,87	0,81
	MA-11	Cala Figuera – Cala Bellver	13	0,91	0,99
	MA-12	Cabrera	13	1	0,92
	MA-13	Cala Bellver – Cap de Regana	52	1	0,99
MA-14	Cap de Regana – Cap de Endemucat	100	1	1	
MA-15	Cap de Endemucat – Cala Major	24	0,99	0,73	
MA-16	Cala Major – Cala Falç	45	0,90	0,91	
Menorca	ME-1A	Cap de Saçó – 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	63	0,99	1
	ME-2	Badia de Fornells	28,9	1	1
	ME-3	Port de Maó	97	0,70	0,72
	ME-4	Punta Prima – Punta na Pruna	30	0,93	0,90
ME-5	Punta na Pruna – Cap de Saçó	24	0,91	0,90	
Eivissa i Formentera	IE-1A	Punta des Jordà – Pta. sa Pedrera	40	0,90	0,90
	IE-1B	Cap Negret – Cap des Mossons	48	0,93	0,95
	IE-2	Badia de Sant Antoni	91	1	0,99
	IE-3	Cap des Mossons – Punta Grossa	17	0,99	0,99
	IE-4	Punta Grossa – Cala Llenya	42	0,90	1
	IE-5	Cala Llenya – Punta Blanca	60	1	1
	IE-6	Punta Blanca – Punta des Andreu	66	1	1
	IE-7	Punta des Andreu – Pta. de sa Mata	71	0,93	0,95
	IEFO-8	Ills Formentera i Formentera	15	1	1
	FO-9	Pta. sa Gavina – Pta. sa Pasquera	60	1	0,99
FO-10	Pta. sa Pasquera – Pta. sa Pedrera	31	0,90	1	



Macroalgas

# CARLIT resultados

## Masa de Cabrera

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

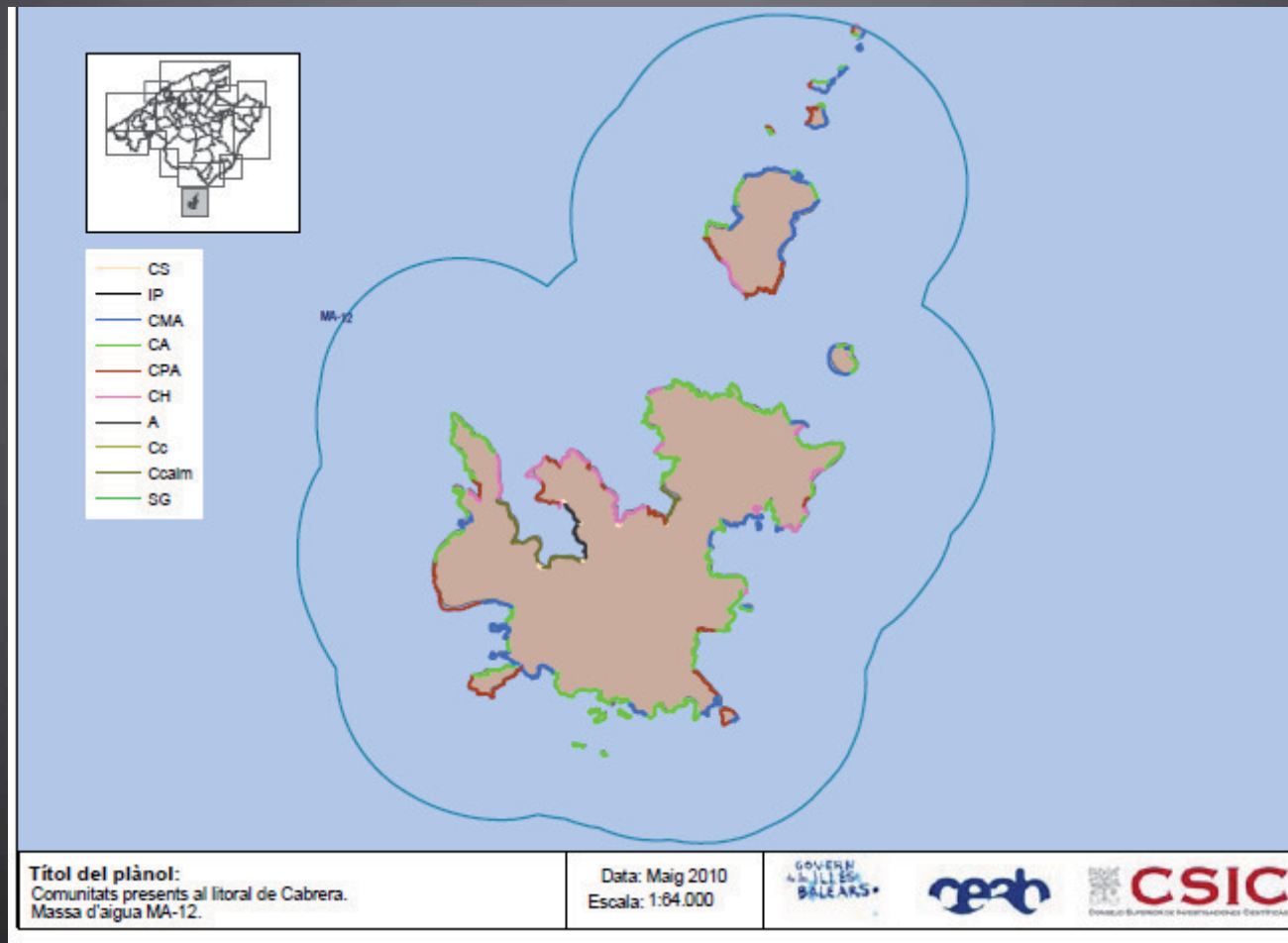
MA-12	Comunitats 2006			Comunitats 2009		
Comunitat	Longitud (m)	O. total	O. parcial	Longitud (m)	O. total	O. parcial
Cs1	858,70	11,14%	11,14%	384,80	0,64%	0,64%
Cs2	---	---	---	8958,10	14,82%	14,92%
Cs3	2285,40	29,64%	29,64%	26093,50	43,17%	43,45%
Cs4	2783,00	36,10%	36,10%	13175,90	21,80%	21,94%
Cs5	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	---	---

*Corallina-Halptilon*  $EQR_{2009}=0,92 \rightarrow$  Muy bueno

Macroalgas

# CARLIT: resultados

## Cartografía de comunidades en Cabrera (2009)

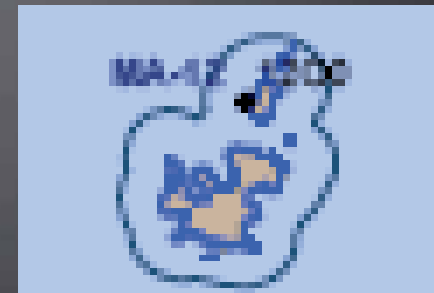




# BENTHOS

Macroalgas

- Pinedo et al 2007
- Red vigilancia 24 estaciones
- Muestreo 2006 en zonas con bajas presiones, completado en 2009 con zonas con presiones.
- Muestras de comunidades bentónicas sobre sustrato rocoso mediante raspado de 20x20 cm (réplica)
- Recubrimiento en  $\text{cm}^2$  midiendo la superficie ocupada en laboratorio
- Biomasa de todos los taxones (peso seco)



# BENTHOS

Macroalgas

- Análisis de correspondencias corregidas (DCA) con el programa CANOCO.
- 4 categorías de comunidades:
  - Cat. 1. Dominancia *Cystoseira stricta* (>70%)
  - Cat. 2. Dominancia especies sensibles (*Cystoseira stricta* o *Palisada tenerrima*)
  - Cat. 3. Dominancia de *Cystoseira compressa* o *Corallina elongata* (aumentan mitílidos)
  - Cat. 4. Coralíneas y ulvaceas dominantes en ambientes eutrofizados y contaminados

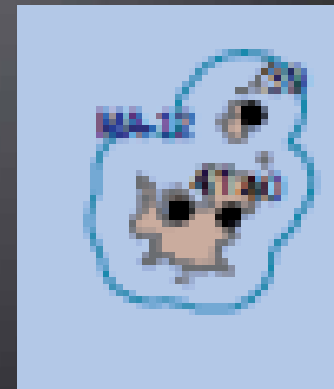
# BENTHOS resultados

**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.

Illa	MA	Codi	Estació	Comunitat 2006	Comunitat 2009
Eivissa-Formentera	IB-4	100	Tagomago	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
		201	Santa Eulària (Cala Gat)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
	IB-5	202	Santa Eulària (Cala Pada)	-	<i>Cystoseira algeriensis</i>
		301	Port d'Elvissa (Punta Taberner)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	IB-7	302	Port d'Elvissa (es Botafoç)	-	<i>Cystoseira stricta</i> densa
		303	Port d'Elvissa (Punta Ratjada)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	FO-9	400	Saona	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
		501	Cala Vedella	-	<i>Cystoseira stricta</i>
	IB-1A	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	-
		801	Port de Sóller (Far)	-	<i>Cystoseira compressa</i>
	MA-4	802	Port de Sóller	-	<i>Coralina 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	Santanyi	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
	MA-12	1200	Cabrera-Conillera	<i>Cystoseira stricta</i> densa	-
		1301	Badia de Palma (S'Arenal)	-	<i>Stypocaulon scoparium</i>
	MA-15	1302	Badia de Palma (Can Pasilla)	-	<i>Cystoseira compressa</i>
		1303	Badia de Palma (Marivent)	-	<i>Falsada tenerima</i>
	MA-16	1304	Badia de Palma (Cala Major)	-	<i>Taonia atomaria</i>
		1305	Badia de Palma (Pla. De na Dina)	-	<i>Cystoseira stricta</i>
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

# Invertebrados bentónicos

- Muestreo 2005-2006 malla 500  $\mu\text{m}$
- Muestreo 2009 malla 500 y 1000  $\mu\text{m}$
- Caracterización fisicoquímica de sedimentos
- Caracterización de comunidades
- MEDOCC: adaptación de AMBI al mediterráneo (Pinedo & Jordana 2008)
- BOPA



# Caracterización de sedimentos

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	$\mu\text{m}$	MASTERSIZER 2000
Fins	%	
Alumini (Al)	$\mu\text{g/g}$	ICP-Òptic després de la digestió àcida
Ferro (Fe)	$\mu\text{g/g}$	
Níquel (Ni)	$\mu\text{g/g}$	ICP-Masses després de la digestió àcida
Zinc (Zn)	$\mu\text{g/g}$	
Coure (Cu)	$\mu\text{g/g}$	
Plom (Pb)	$\mu\text{g/g}$	
Vanadi (V)	$\mu\text{g/g}$	
Cadmi (Cd)	$\mu\text{g/g}$	
Mercuri (Hg)	$\mu\text{g/g}$	
Seleni (Se)	$\mu\text{g/g}$	
Arsènic (As)	$\mu\text{g/g}$	
Crom (Cr)	$\mu\text{g/g}$	
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 $\delta^{15}\text{N}$	‰	

# Caracterización de sedimentos

Taula 5. Valors de l'ERL i de l'ERM (en  $\mu\text{g/g}$ ) 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

Long et alt 1995

Inv. bentónicos

# Caracterización de sedimentos

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



# Caracterización de sedimentos

- Tratamiento estadístico de los datos análisis de componentes principales con GINKO. (De Cáceres et al (2007))
- Las variables que más inciden sobre la composición de las comunidades son: profundidad, grano medio, materia orgánica, metales (Al, Pb, Cd, Hg, As), nitrógeno,  $^{13}\text{C}$  y  $^{15}\text{N}$



# Caracterización de sedimentos

Estación	Cód.	Prof. (m)	Grano medio ( $\mu\text{m}$ )	Cat. Sed.	Finos (%)	MO (%)	C (%)	N (%)	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
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

# Caracterización de comunidades

- Análisis SIMPER mallas (disimilaridad)
  - Mayor riqueza de especies en anélidos
  - Grupo más abundante moluscos, taxones más sensibles
  - Pérdida de individuos pequeños (*Loripes lacteus*) en malla de  $1000\ \mu\text{m}$  → disminución de abundancia y de riqueza
  - Diferencias en comunidades de aguas abiertas, cerradas y modificadas

# Caracterización de comunidades

- Análisis RELATE
  - Las diferencias entre muestreos recaen en *Loripes lacteus* (tolerante)
- Análisis BIOENV
  - Las variables más importantes a la hora de determinar la composición de la comunidad:
    - 500um- Al, Pb, Hg
    - 1000 um- Pb, Hg, As

# MEDOCC

- Sustratos arenosos, someros
- Diferencias con AMBI (Borja et al 2000)
  - Cambio de grupo ecológico asignado a algunas especies
  - Número de grupos considerados
  - Valores implicados en la fórmula.
- Las especies se agrupan en 4 categorías en función de su sensibilidad/tolerancia al enriquecimiento orgánico

# MEDOCC

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

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

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	$5,50 < \text{MEDOCC} < 6$	$< 0,08$

Inv. bentònics

# MEDOCC 500 µm

**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.

Il·la	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	0,84	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	0,78	0,80	Molt bo	Molt bo
FO-10	-	-	-	-	
Mallorca	MA-1A	NA	0,49	NA	Bo
	MA-1B	0,81	0,54	Bo	Bo
	MA-2	0,88	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
Menorca	MA-16	0,70	0,52	Bo	Bo
	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	0,48	0,41	Moderat	Moderat
Menorca	ME-4	0,88	0,48	Bo	Bo
	ME-5	0,66	0,49	Bo	Bo

Inv. bentònics

# MEDOCC 1000µm

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.

Il·la	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 Caiçota	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'Alxada	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 Delà	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	

# MEDOCC IB

	2005	2007	2007
	500 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$	1000 $\mu\text{m}$
Núm masa	28	26	26
Muy buen estado	50%	11,5%	31%
Buen estado	43%	70%	58%
Moderado	4%	20%	11%



# BOPA

- BOPA (Gómez Gesteria & Dauvin (2000))

$$BOPA = \log [(f_p/f_x + 1) + 1]$$

$$GI = f_x + \alpha_1 f_x$$

$$GII = \alpha_2 f_x$$

$$GIII = \alpha_3 f_x$$

$$GIV = \alpha_4 f_x + f_p$$

$$MEDOCC = 6f_p$$

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

## MEDOCC-BOPA

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).

Illia	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 Calxota	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 Llobards	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'Alxada	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

# Angiospermas

- Posidonia oceanica, endémica del Mediterráneo
- Ecosistema dominante en la franja balear litoral entre 0 y 35 metros de profundidad
- Clonal de crecimiento lento
- Muy sensible a impactos ambientales
- Índice POMI (Romero et al 2004, 2006, 2007)

# POMI

Angiospermas

- Campañas en otoño y verano
- 3 transectos en cada estación, de 20 metros de longitud, entre 5 y 11 m de profundidad
- Notas de cambio de sustrato y presencia de invasoras
- 10 haces verticales y 9 fragmentos de rizoma plagiótopo
- Cada 5 m medidas de densidad y cobertura

# POMI

- Indicadores estructurales
  - cobertura de la pradera,
  - densidad de haces total \*
  - densidad de ápices de rizomas plagiotropos,
  - % de ápices de rizomas plagiótopos,
  - superficie foliar,
  - % hojas necrosadas y longitud foliar necrosada por haz\*

# POMI

- Indicadores químicos
  - concentración de nitrógeno, fósforo y azufre total e n hojas y rizomas,
  - concentración de nitrógeno en epifitos foliares\*
  - abundancia isotópica de  $^{15}\text{N}$  y  $^{34}\text{S}$  hojas /rizomas
  - Concentración de metales\*
- Indicadores fisiológicos
  - Concentración de carbohidratos no estructurales en rizomas\*

# POMI

- Variables tenidas en cuenta en el cálculo de POMI en IB
  - Cobertura
  - Contenido de nitrógeno en rizomas
  - Contenido de fósforo en rizomas
  - Abundancia relativa de  $^{15}\text{N}$  en rizomas
  - Abundancia relativa de  $^{34}\text{S}$  en rizomas

# POMI: resultados

Código de la localidad	Localidad	EQR' 08/09	EQR 08/09	Estado ecológico 2008/09	Estado ecológico 2006
MA12/2	Santa María (Cabrera)	0,861	0,882	Muy bueno	Muy bueno
MA6/1	Cap Pinar	0,858	0,880	Muy bueno	
IB-FO8/4	Es Pujols	0,832	0,856	Muy bueno	Muy bueno
FO10	Punta de Sa Creu	0,823	0,848	Muy bueno	
MA3A/1	Dragonera	0,821	0,847	Muy bueno	Muy bueno
MA1B/2	Punta_Galinda	0,812	0,838	Muy bueno	
ME2	Fornells	0,811	0,837	Muy bueno	Muy bueno
MA13/1	Cap Blanc	0,811	0,837	Muy bueno	Buena
MA3B/3	Illa de Formentor	0,797	0,825	Muy bueno	Muy bueno
MA5	Pollença	0,767	0,797	Muy bueno	Muy bueno
IB6/2	Punta dets Andreus	0,763	0,793	Muy bueno	Buena
MA1A/2	El Toro	0,755	0,786	Muy bueno	
MA6/2	Cap de Menorca	0,750	0,782	Muy bueno	Buena
IB7/1	Talamanca	0,745	0,777	Muy bueno	Muy bueno
IB7/2	Platja den Bossa	0,743	0,776	Muy bueno	Muy bueno
ME1A/1	Cala Morell	0,739	0,772	Buena	
MA16/1	Illetes Mallorca	0,739	0,771	Buena	Buena
IB2	Sant Antoni	0,736	0,769	Buena	Muy bueno
IB1A/2	Cala Tarida	0,734	0,767	Buena	Buena
FO9/2	Platja des Mitjorn	0,730	0,764	Buena	Muy bueno
MA3B/2	Cap Formentor	0,724	0,758	Buena	Muy bueno
ME5/1	S'Arenal de Son Saura	0,720	0,755	Buena	Buena
MA1B/1	Cala Marmacén	0,718	0,753	Buena	Muy bueno
IB-FO8/3	Illetes formentera	0,717	0,752	Buena	Muy bueno
MA8/1	Es Caló	0,716	0,751	Buena	
FO9/1	Punta Rasa	0,715	0,750	Buena	Buena
MA12/1	Es Castell (Cabrera)	0,713	0,748	Buena*	Muy bueno
MA13/2	Punta Llobera	0,713	0,748	Buena	
ME1B/1	S'Arenal de S'Olla	0,713	0,748	Buena	Buena
IB6/1	Cala Llonga	0,712	0,747	Buena	Muy bueno
IB1A/1	Cap Llentrisca	0,709	0,744	Buena	Buena
IB-FO8/2	Cala Torreta	0,707	0,742	Buena	Muy bueno
IB4/2	Cala Llenya	0,694	0,731	Buena	

Código de la masa de agua	EQR de la masa de agua	Estado ecológico DMA 2008/2009	Estado ecológico DMA 2005/2006
FO10	0,848	Muy bueno	
ME2	0,837	Muy bueno	Muy bueno
MA6	0,831	Muy bueno	Buena
MA12	0,815	Muy bueno	Muy bueno
MA5	0,797	Muy bueno	Muy bueno
MA1B	0,796	Muy bueno	Muy bueno
MA13	0,793	Muy bueno	Buena
MA3B	0,791	Muy bueno	Muy bueno
IB7	0,777	Muy bueno	Muy bueno
IB6	0,770	Buena	Buena
MA3A	0,770	Buena	Muy bueno
IB-FO8	0,758	Buena	Muy bueno
FO9	0,757	Buena	Muy bueno
IB1A	0,756	Buena	Buena
MA8	0,751	Buena	Muy bueno
ME1A	0,751	Buena	Muy bueno
ME1B	0,748	Buena	Muy bueno
MA1A	0,743	Buena	Muy bueno
IB4	0,726	Buena	Muy bueno
IB2	0,708	Buena	Muy bueno
ME5	0,691	Buena	Buena
ME4A	0,684	Buena	Buena
ME1C	0,669	Buena	Muy bueno
MA14	0,660	Buena	Buena*
ME4B	0,655	Buena	Buena
MA9B	0,655	Buena	Muy bueno
IB3	0,651	Buena	Buena
MA4	0,650	Buena	
MA16	0,645	Buena	Buena
MA2	0,645	Buena	Buena
ME3	0,633	Buena	Buena*
MA10	0,620	Buena	Buena
IB1B	0,612	Buena	Buena
MA11	0,563	Buena*	Muy bueno
MA15	0,552	Buena*	Aceptable
IB5	0,539	Aceptable	Buena
MA7	0,519	Aceptable	Buena



# POMI resultados IB

	2006	2009
Núm masa	29	38
Muy buen estado	48%	24%
Buen estado	48%	68%
Moderado	4%	6%



# Parámetros fisicoquímicos

- Indicadores químicos y fisicoquímicos que afectan a los indicadores biológicos
  - Generales (transparencia, condiciones térmicas, condiciones de oxigenación, salinidad y condiciones relativas a nutrientes)
  - Contaminantes específicos provenientes de vertidos observados de sustancias prioritarias y otras sustancias vertidas en cantidades significativas

# Generales

- Temperatura
- Salinidad
- Nitratos
- Nitritos
- Amonio
- Sulfatos
- Silicatos



# Estado químico: sustancias prioritarias

- Campañas 2007
  - Vertidos de EDAR
  - Drenajes agrícolas
  - Biota
  - Sedimentos
  - Aguas subterráneas

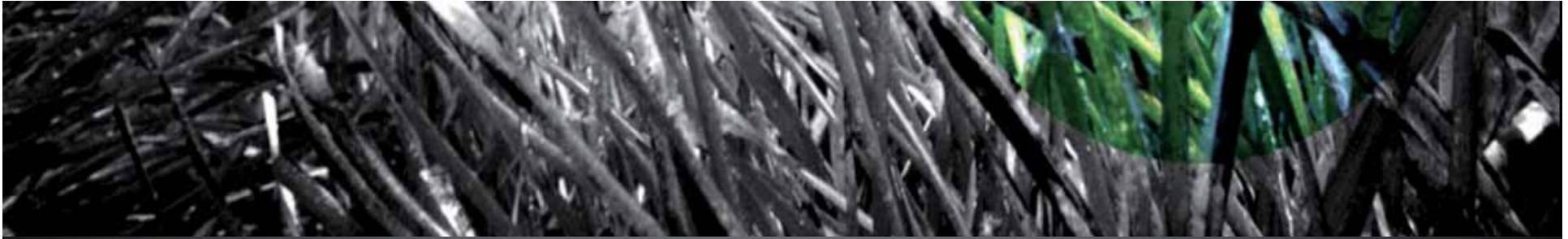
# Sustancias prioritarias en sedimentos marinos

- Campaña 2009 en sedimentos marinos

ug/g	Pesticidas				
	COVs	PAH	organoclorados	PCB	Metales
	17	15	12	12	4
Es castell	0,89	18,59	0,65	0,63	29,7
Sta Maria	0,94	13,08	0,65	0,6	9,9
Valor de corte	3,2	50	1,2	1,9	30

# Evaluación estado masa Cabrera

Indicador	Estado ecológico
Cl a	Muy bueno
CARLIT	
MEDDOC	
POMI	
Fisicoquímico	
	Estado químico
Sustancias priorit. sed	Muy bueno?



<http://www.dma.caib.es>