

Avaluació de la qualitat ambiental de les masses d'aigua costaneres utilitzant els paràmetres fisicoquímics, la concentració de clorofil·la *a* i el fitoplàncton

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Serveis Científicotècnics i Departament de Biologia
Universitat de les Illes Balears

Artículo 2

Definiciones

A efectos de la presente Directiva se entenderá por:

«**aguas superficiales**»: las aguas continentales, excepto las aguas subterráneas; las aguas de transición y las aguas costeras, y, en lo que se refiere al estado químico, también las aguas territoriales;

«**aguas costeras**»: las aguas superficiales situadas hacia tierra desde una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro desde el punto más próximo de la línea de base que sirve para medir la anchura de las aguas territoriales y que se extiende, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición;

«**estado ecológico**»: una expresión de la calidad, la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos asociados a las aguas superficiales, que se clasifican con arreglo a las disposiciones pertinentes del anexo V;



G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

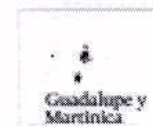
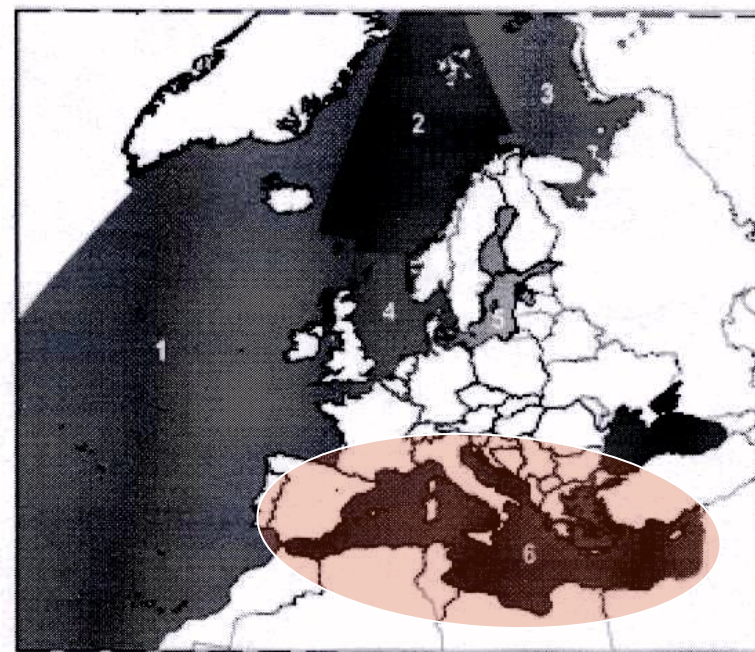
Sistema A

Tipología fijada	Descriptor
Región ecológica	Los siguientes, que figuran en el mapa B del anexo XI: Mar Báltico Mar de Barents Mar de Noruega Mar del Norte Océano Atlántico Norte Mar Mediterráneo
Tipo	Basado en la salinidad media anual < 0,5 ‰: agua dulce 0,5 a < 5 ‰: oligohalino 5 a < 18 ‰: mesohalino 18 a < 30 ‰: polyhalino 30 a < 40 ‰: euhalino Basado en la salinidad media anual aguas poco profundas: < 30 m intermedias: 30 a 200 m profundas: > 200 m

B

MAPA B

Sistema A: Regiones ecológicas de aguas de transición y costeras



1. Océano Atlántico
2. Mar de Noruega
3. Mar de Barents
4. Mar del Norte
5. Mar Báltico
6. Mar Mediterráneo

**I Jornada
científicotècnica DMA**

**Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears**
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

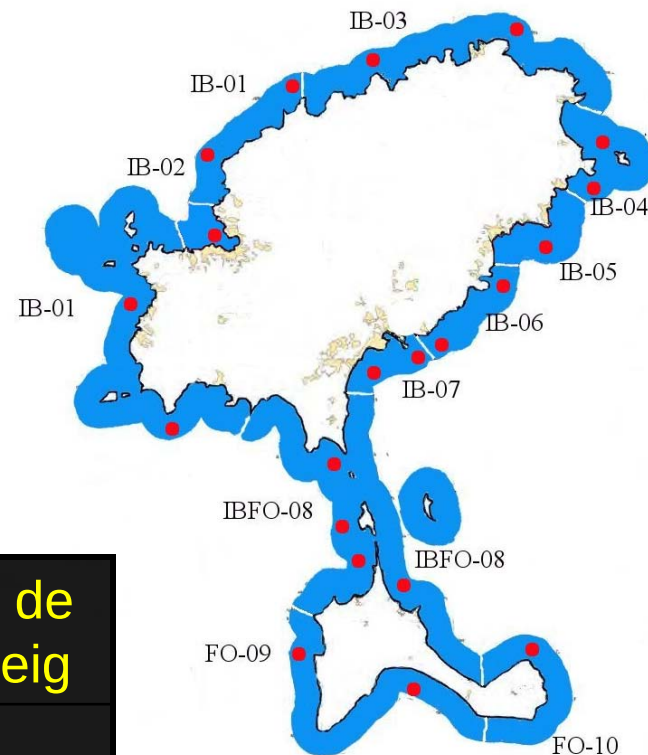
**G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal**
Universitat de les Illes Balears

Masses d'aigua i punts de mostreig

La zonació de les àrees costeres per a la implementació de la Directiva implica la delimitació de les masses d'aigua, que es va fer d'acord als criteris:

- ▶ tipus de substrat
- ▶ topografia de la costa
- ▶ altres característiques diferencials entre elles els impactes o pressions d'origen antròpic

Els punts de mostreig dintre de cada massa d'aigua s'establiren d'acord amb les possibles heterogeneïtats, la majoria de masses tenen com a mínim dos punts de mostreig, només les de menor extensió en tenen un



Illa	Masses d'aigua	Punts de mostreig
Menorca ME	8	13
Eivissa IB Formentera FO	11	21

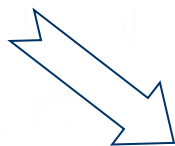
**I Jornada
científicotècnica DMA**

**Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears**
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

**G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal**
Universitat de les Illes Balears



Punts de referència



Illa	Masses d'aigua	Punts de mostreig
Mallorca i Cabrera MA	19	39

I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Concentració de clorofil·la a com a mètrica per estimar l'estat ecològic d'una massa d'aigua

- ▶ Variable integradora de les característiques fisicoquímiques de l'aigua, en particular de les concentracions dels nutrients.

1. ESTADO DE LAS AGUAS

- ▶ Mesura de la biomassa del fitoplàncton i de la seva capacitat de producció.

Indicadores de calidad para la

- ▶ Bon indicador de l'estat tròfic.
ecològic

- ▶ Factor limitant de la penetració de la llum cap als nivells inferiors de la columna d'aigua, i per tant amb un efecte molt directa sobre les comunitats dels fotosintetitzadors bentònics.

Composición, abundancia y biomasa del fitoplancton
Composición y abundancia de otro tipo de flora acuática
Composición y abundancia de la fauna bentónica de invertebrados
Condiciones morfológicas
variación de la profundidad
estructura y sustrato del lecho costero
estructura de la zona ribereña intermareal
dirección de las corrientes dominantes
exposición al oleaje
Indicadores químicos y fisicoquímicos que afectan a los indicadores biológicos
Generales
Transparencia
Condiciones térmicas
Condiciones de oxigenación
Contaminantes específicos
Contaminación producida por todas las sustancias prioritarias cuyo vertido en la masa de agua se haya observado
Contaminación producida por otras sustancias cuyo vertido en cantidades significativas en la masa de agua se haya observado

I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Variables fisicoquímiques determinades "in situ" en cada un dels punts de mostreig:

T °C

Salinitat ‰

[O₂] ppm

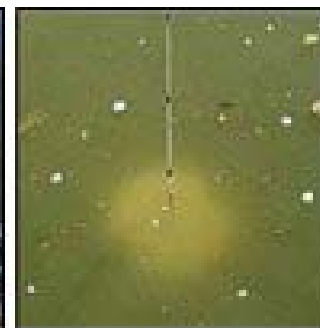
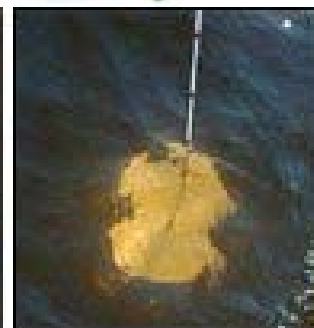
% saturació O₂

pH

Transparència m
(disc de Secchi)

Estació/any	2005	2006	2008	2009
Hivern		●		●
Primavera		●	●	
Estiu	●	●	●	●

De cada punt de mostreig s'agafaven dues mostres d'aigua a les fondàries de 1 m i 15 m



I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

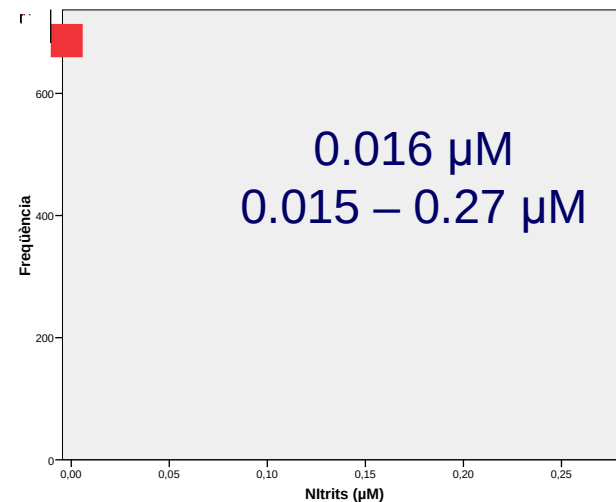
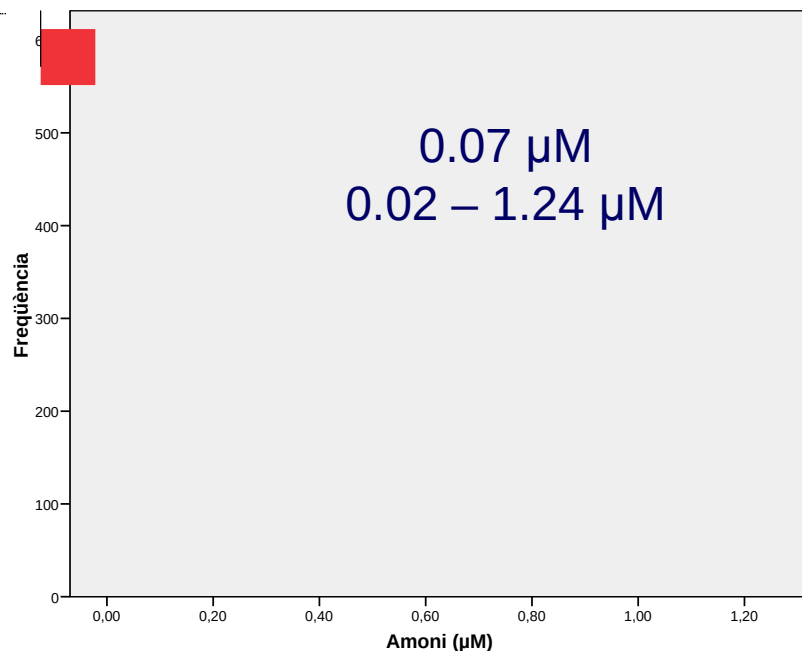
Paràmetres analitzats i tècniques emprades

Paràmetre	Tècnica	Referència
Clorofil·la <i>a</i> $\mu\text{g L}^{-1}$	Extracció i fluorimetria	Arar, 1997
Amoni μM	Fluorimetria	Jones, 1991
Fòsfor (FRS) μM	Espectrofotometria	Flow Injection Analysis
Nitrat μM	Espectrofotometria	Flow Injection Analysis
Nitrit μM	Espectrofotometria	Flow Injection Analysis
Silicat (SiRS) μM	Espectrofotometria	Flow Injection Analysis
Fitoplàncton cèl ml^{-1}	Sedimentació i microscopi invertit i SEM	Utermöhl, 1931

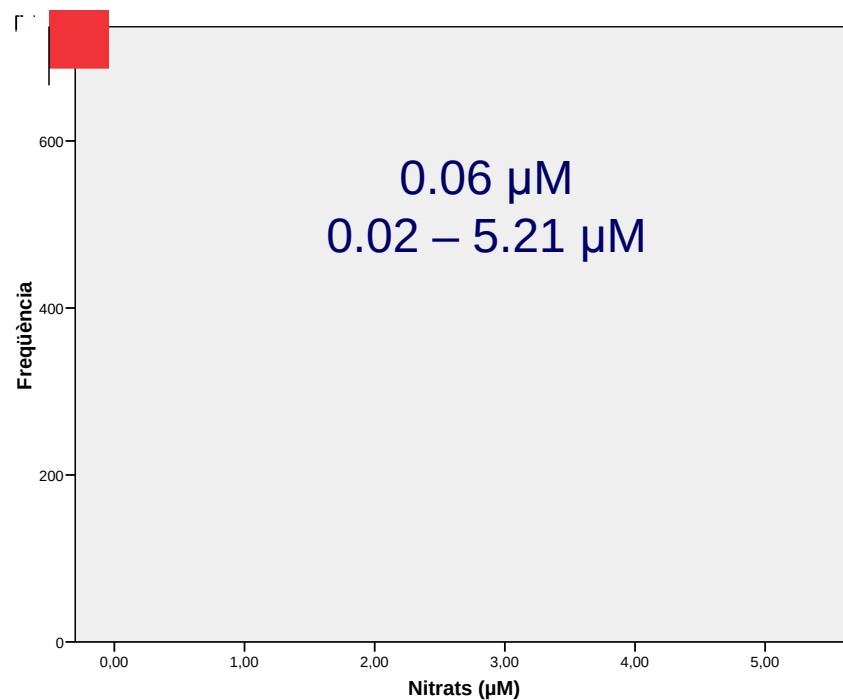
I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears



Valors en general baixos i
globalment propis d'aigües
oligotròfiques

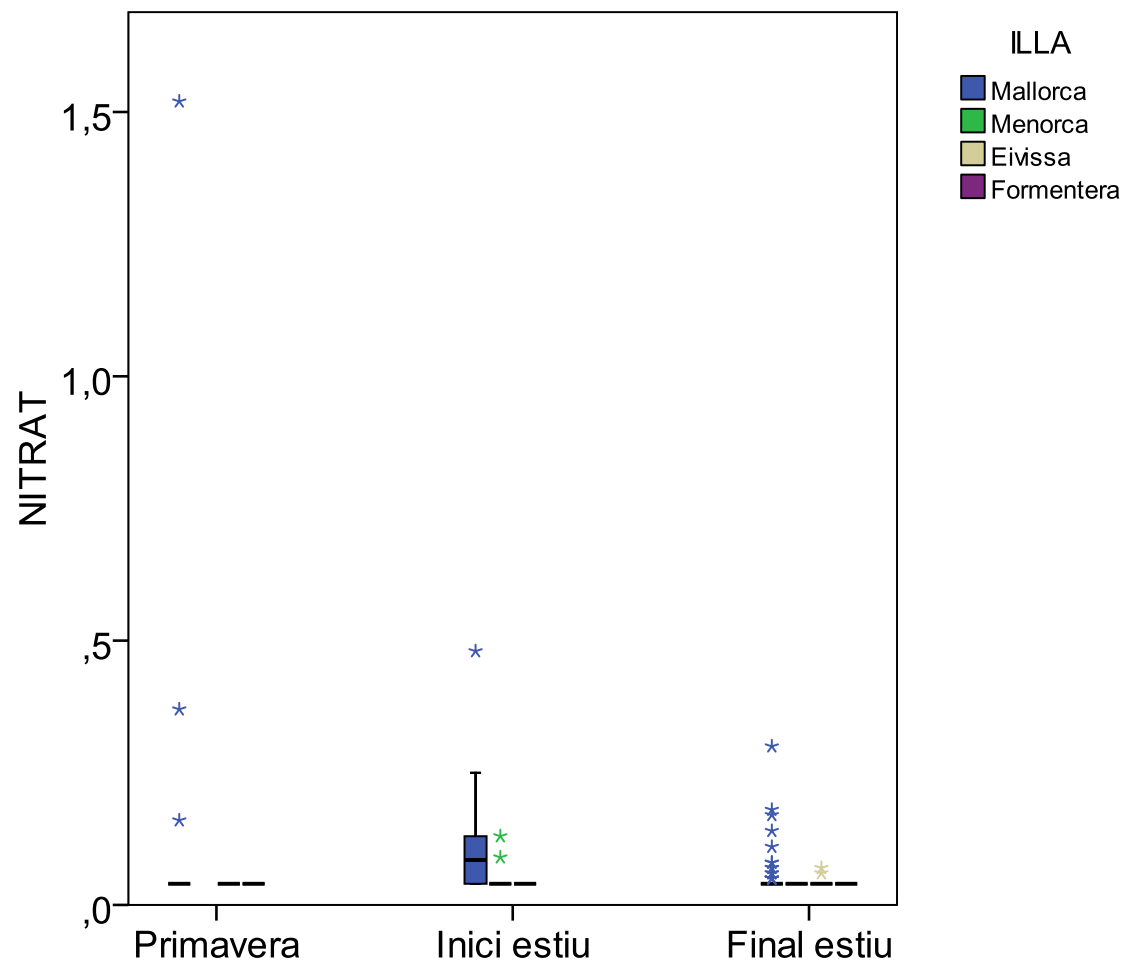
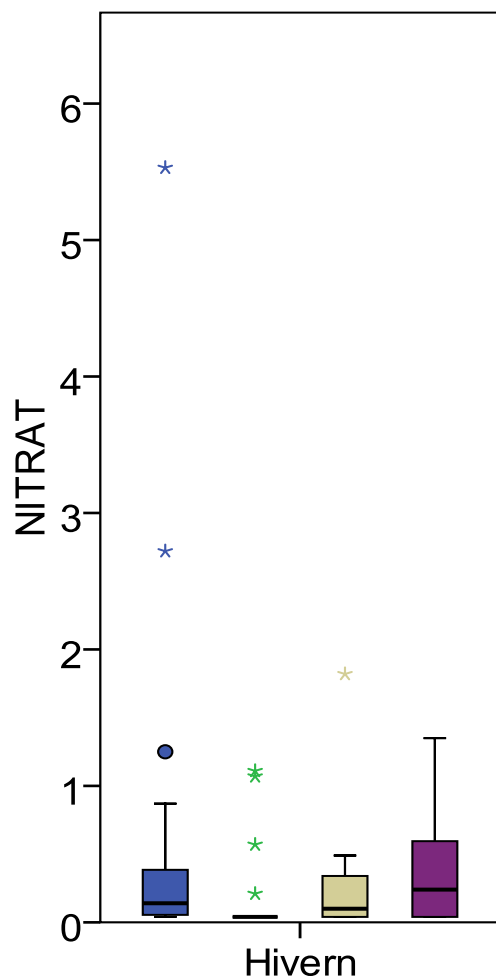


I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Variació de les concentracions de Nitrat (μM) al llarg del temps



I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Les concentracions de fòsfor en forma de FRS són baixes o molt baixes només de forma puntual s'assoleixen concentracions per sobre el límit de detecció del mètode, el mateix passa amb el nitrogen total

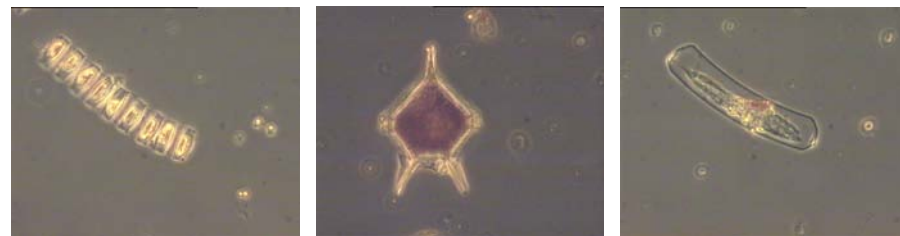
Període	Massa d'aigua	Fòsfor μM	NT μM	Clorofil·la a $\mu\text{g L}^{-1}$
Primavera 2006	Cala Llonga IB 06	0.07	0.09	0.075
	Hotel Delta MA 14	0.02	0.09	0.055
	S'Olla MA 12	0.01	0.09	0.065
Estiu 2006	B Alcúdia MA 07	0.03	0.11	0.09
	Cala Sta. Maria MA 12	0.01	0.15	0.09
Primavera 2008	El Toro MA 01	1.25	0.36	0.09
	S'Olla MA 12	0.01	0.11	0.10

I Jornada
científicotècnica DMA

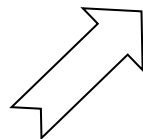
Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Filtració in situ de la mostra d'aigua amb el fitoplàncton



Extracció clorofil·la a amb acetona

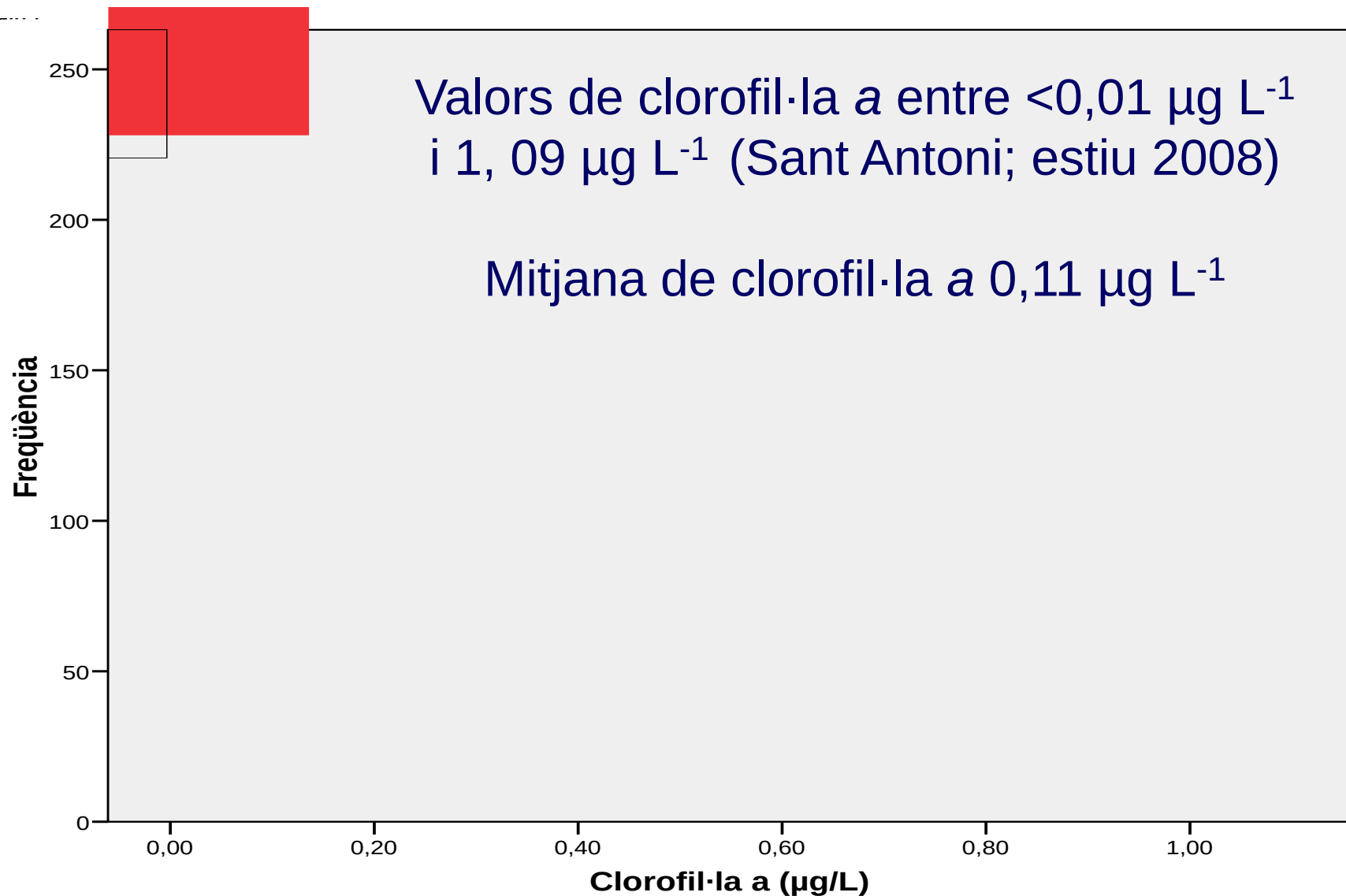


Determinació de la [Chl a] per fluorimetria

I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

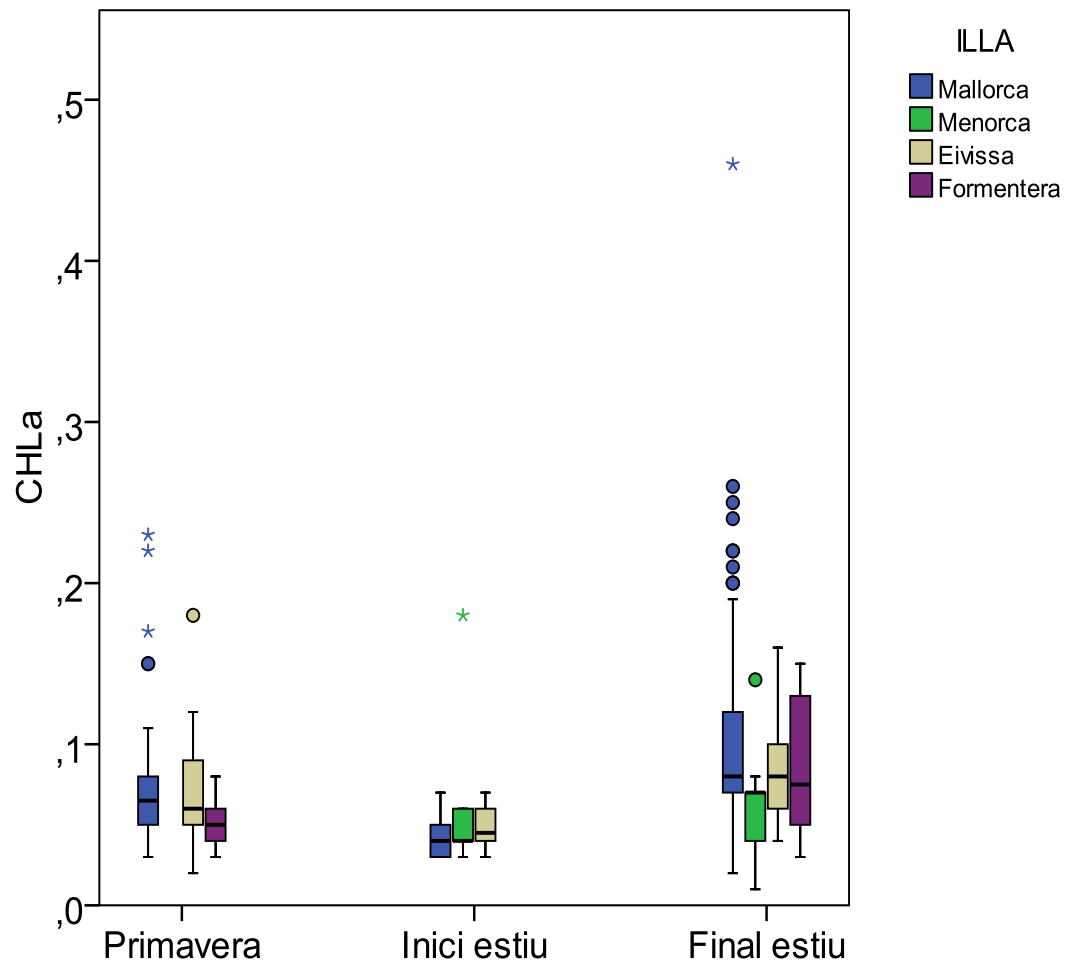
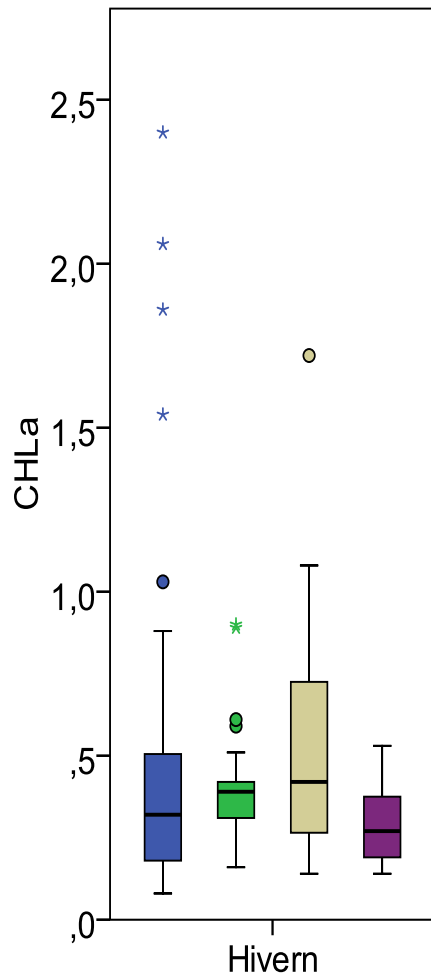
G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears



I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

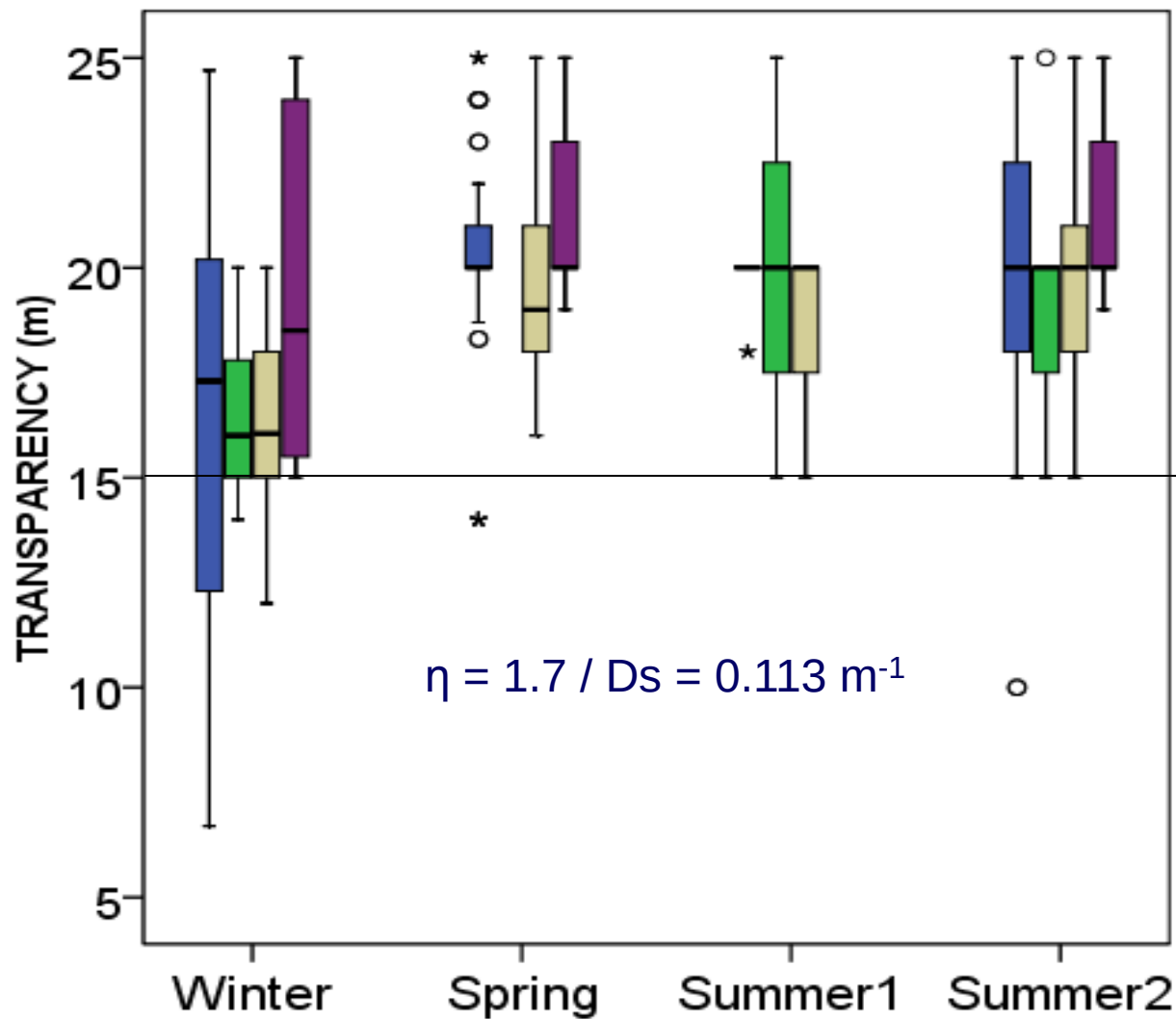
G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears



I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo, M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

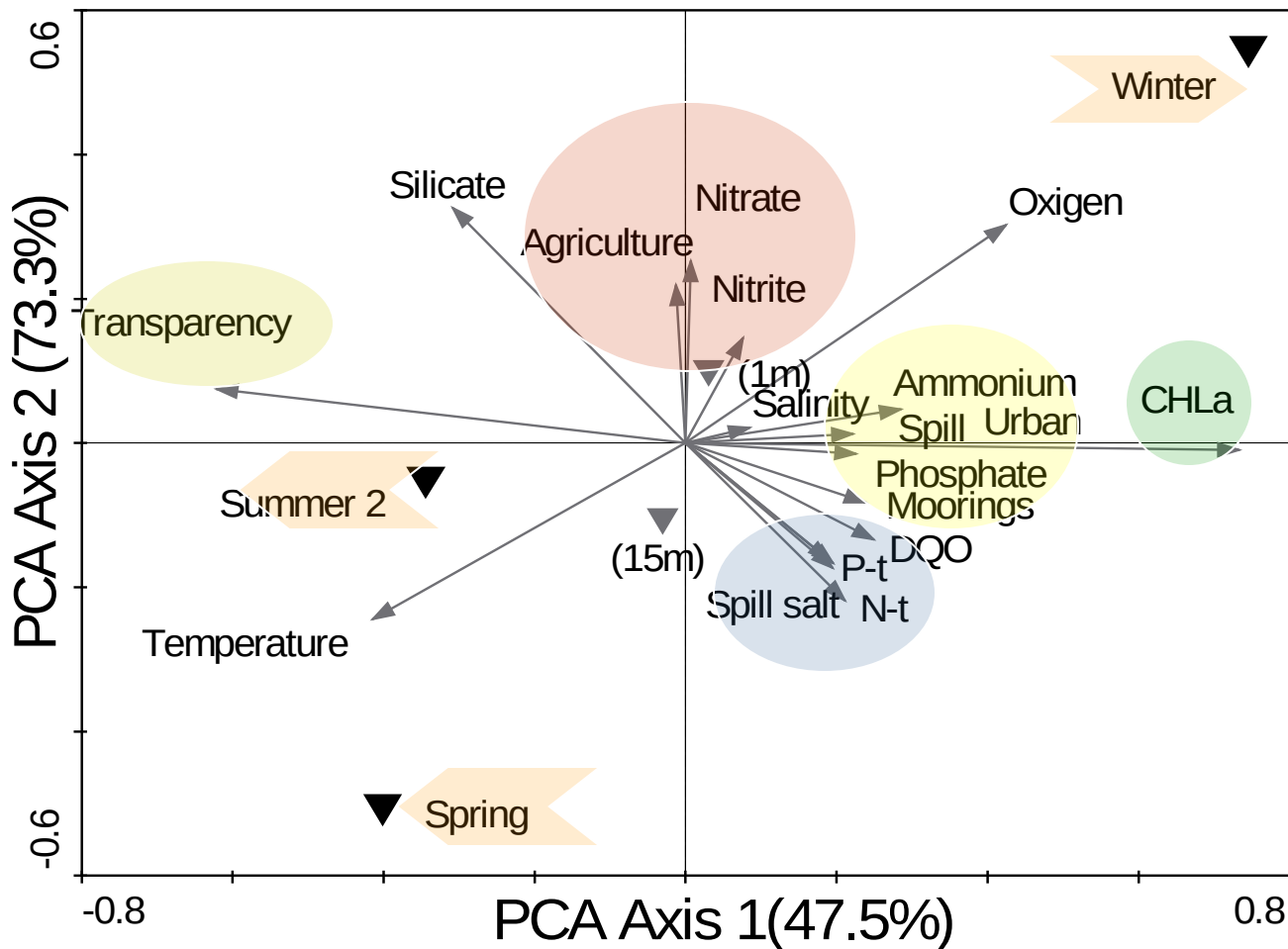


I Jornada
científicotècnica DMA

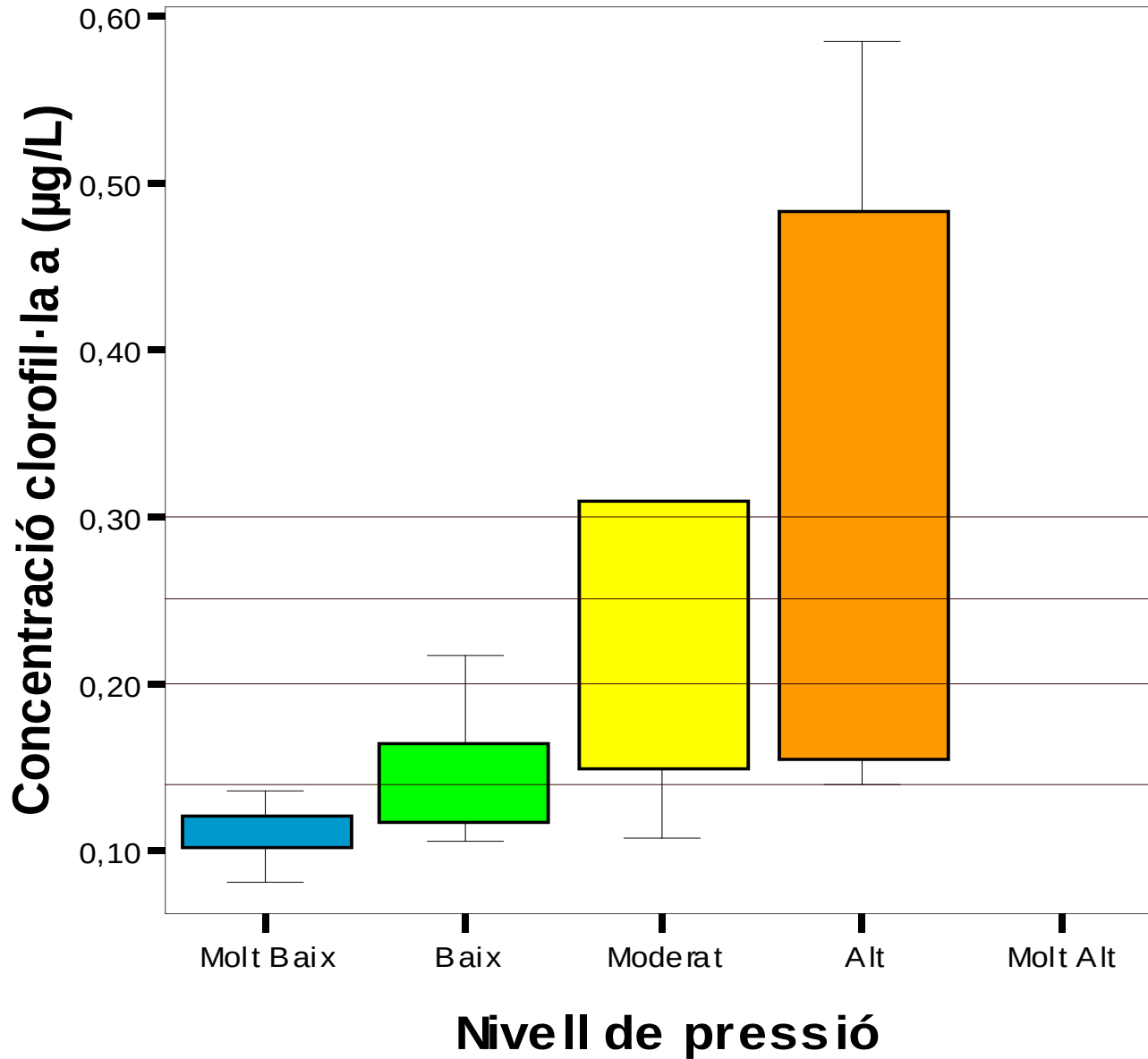
Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

PCA entre variables explicatives (estació de l'any i fondària), pressions antròpiques i paràmetres fisicoquímics



CBBA (2008). Análisis detallado de las presiones en aguas costeras de las Islas Baleares



**I Jornada
científicotècnica DMA**

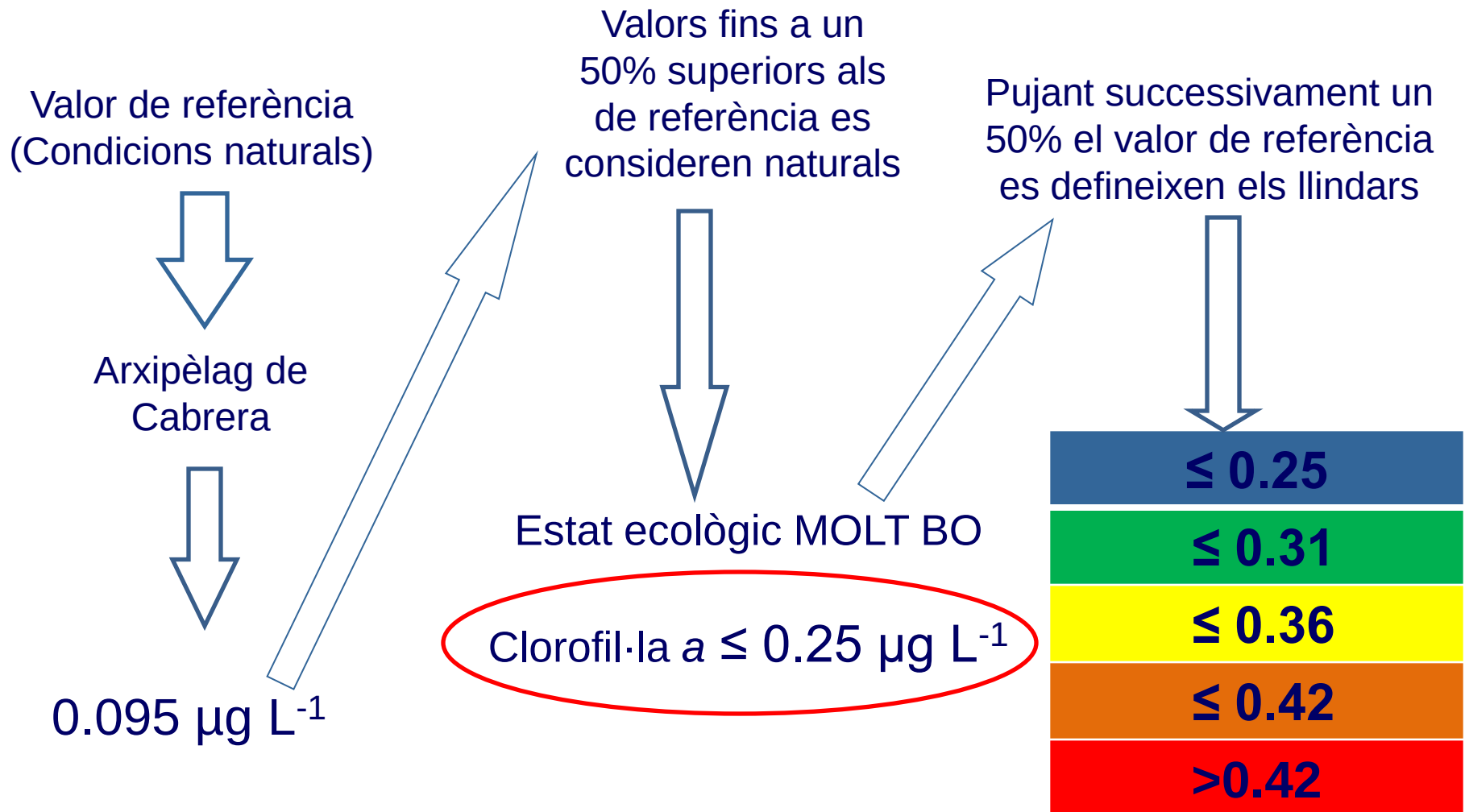
**Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears**
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

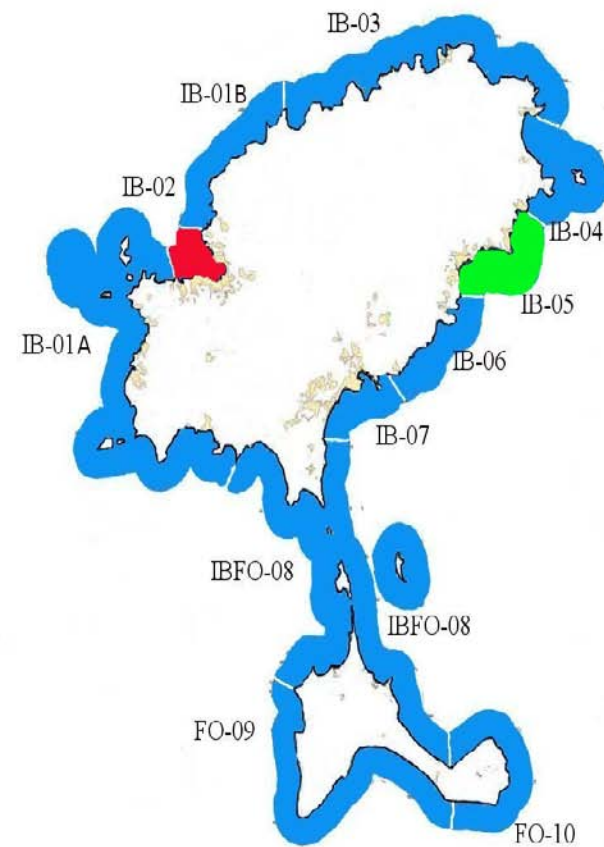
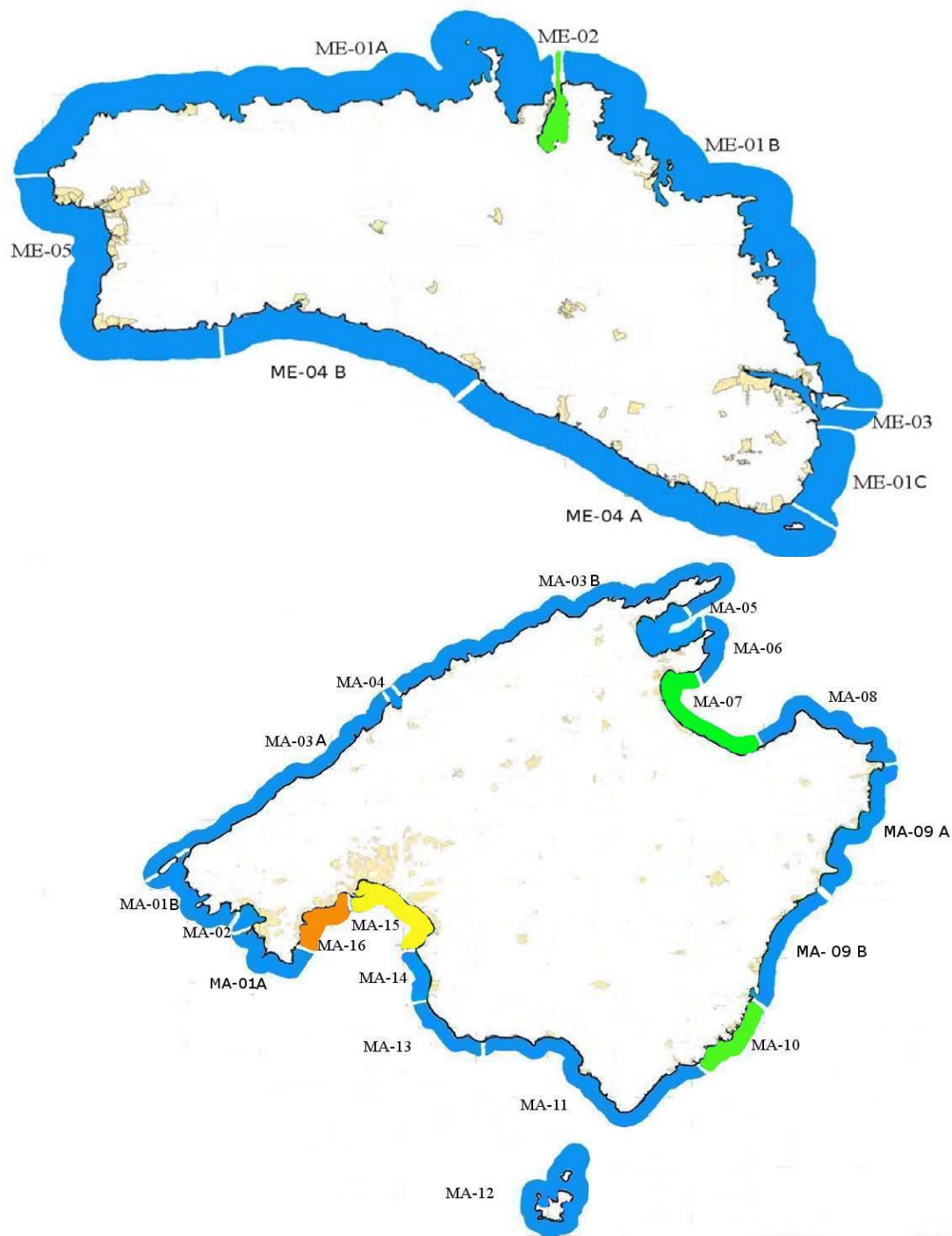
**G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal**
Universitat de les Illes Balears

Definició de l'estat ecològic a partir de les concentracions de clorofil·la a

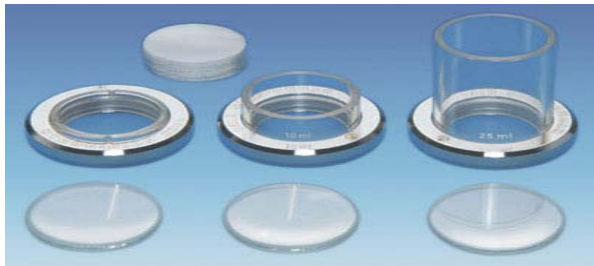
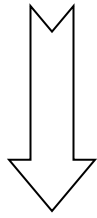
Devlin M., Best M., Coates D., Bresnan E., O'Boyle S., Park R., Silke J., Cusack C. & Skeats J. (2007) Establishing boundary classes for the classification of UK marine waters using phytoplankton communities. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 91-103.

Càlcul del percentil 90 de tots els valors de cada massa d'aigua

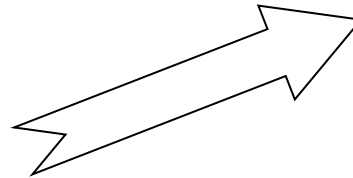




Mostres d'aigua amb el fitoplàncton



Sedimentació del fitoplàncton en
càmeres de diferents volums



Observació amb el microscopi invertit
seguint la tècnica d'Utermöhl

Resultats:

- Composició de la comunitat fitoplanctònica: llistat d'espècies
- Recomptes: número d'organismes per unitat de volum (cèl ml⁻¹)

**I Jornada
científicotècnica DMA**

**Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears**
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

**G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal**
Universitat de les Illes Balears

La complexitat de les comunitats fitoplanctòniques fa difícil la seva utilització com a mètrica per definir l'estat ecològic d'una massa d'aigua

M. Devlin, J. Barry, S. Paintig, M. Best (2009). Extending the phytoplankton tool kit for the UK Water Framework Directive: indicators of phytoplankton community structure. *Hydrobiology*, 633: 151-168.

D. Soudant, C. Berin (2009). *Évaluation DCE décembre 2008. Élément de qualité: phytoplancton*. Ifremer

En els protocols que intenten relacionar la composició i l'estructura de les comunitats i l'estat ecològic, s'aborda l'estudi del fitoplàncton des de una perspectiva que inclou com a indicadors:

- la concentració total de cèl·lules de les diferents poblacions presents
- la concentració dels grups dinoflagel·lades, diatomees, euglenòfites i prymnesiòfites
- la suma de dinoflagel·lades – prasinòfites – criptòfites
- la presència d'espècies formadores de blooms o proliferacions:

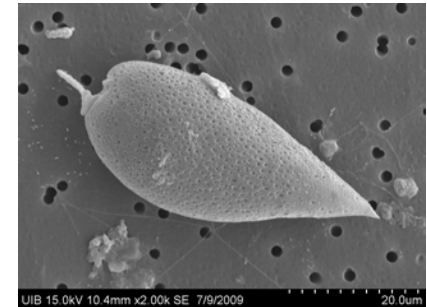
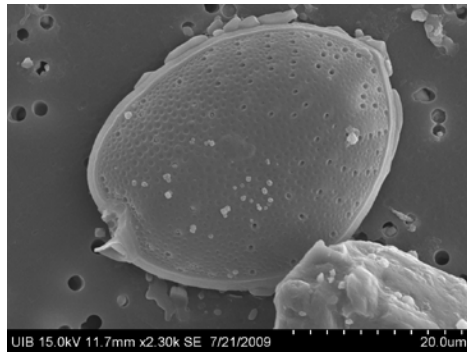
Pseudo-nitzschia grup *delicatissima* i grup *seriata*, *Alexandrium*, *Prorocentrum balticum*, *P. minimum*, *Karenia* i el grup *Karlodinium*.



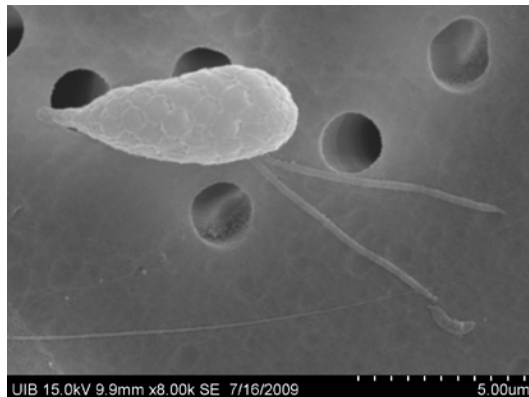
G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Hem identificat 251 tàxons d'algues que formen part de les comunitats fitoplanctòniques

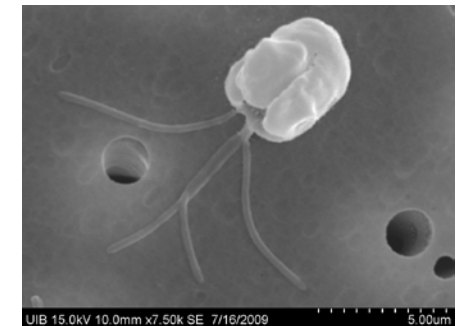
141 dinoflagel·lades



90 diatomees



20 altres
flagel·lats



**I Jornada
científicotècnica DMA**

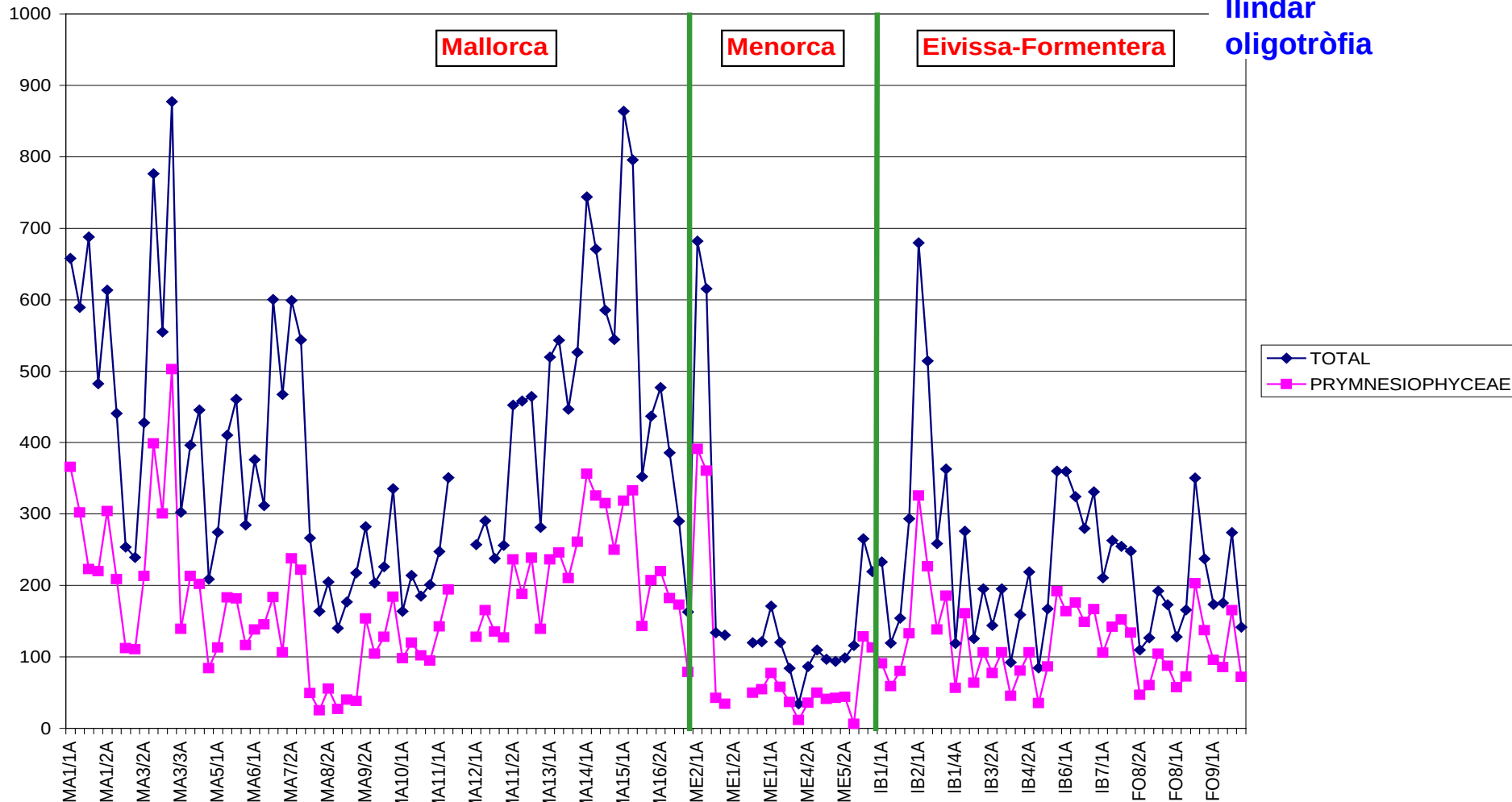
**Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears**
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

**G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal**
Universitat de les Illes Balears

Abundància fitoplàncton (cèl/ml)

Estiu 2006

llindar
oligotròfia



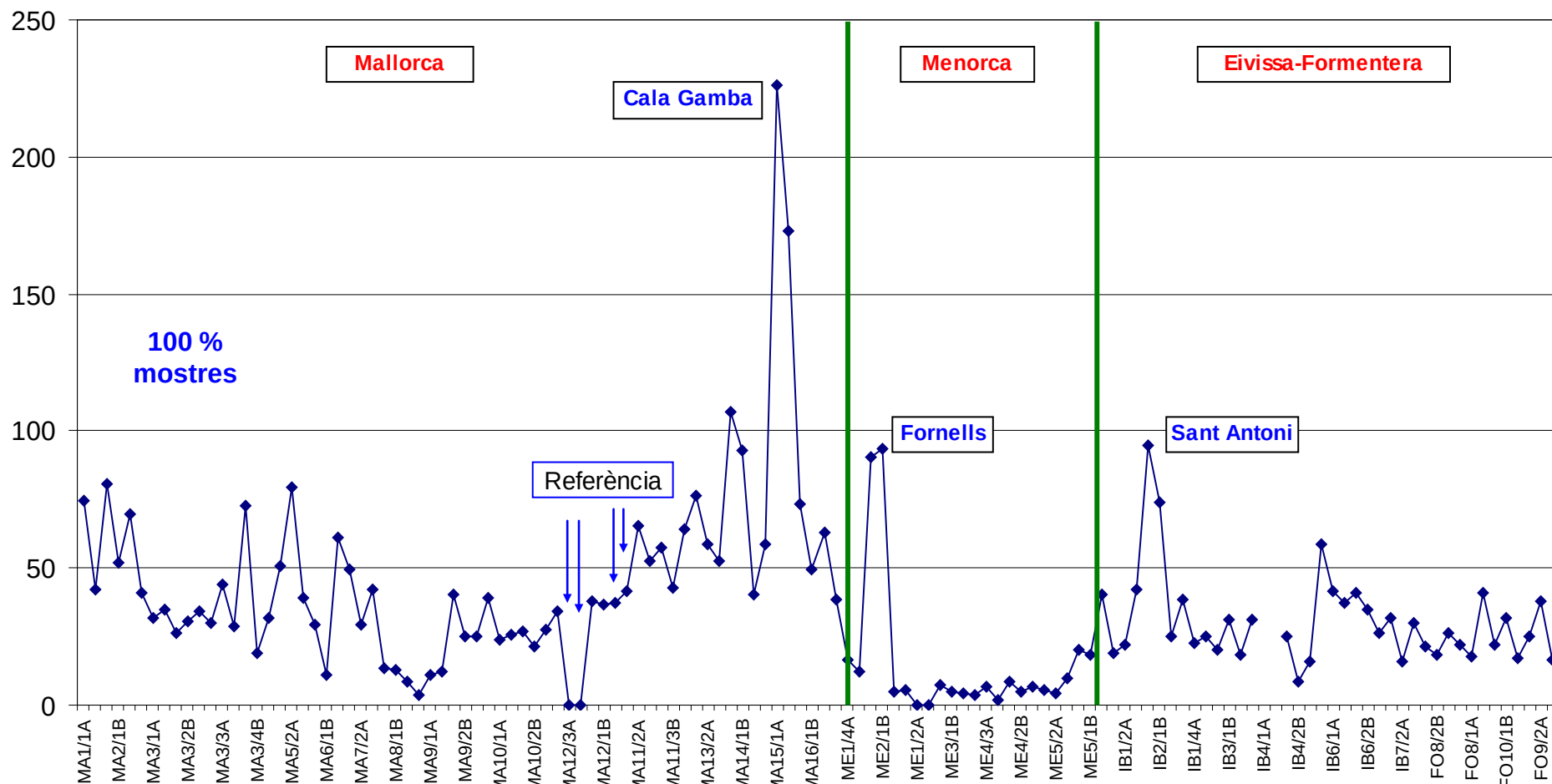
I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Dinophyceae+Prasinophyceae+Cryptophyceae (cèl/ml)

Estiu 2006



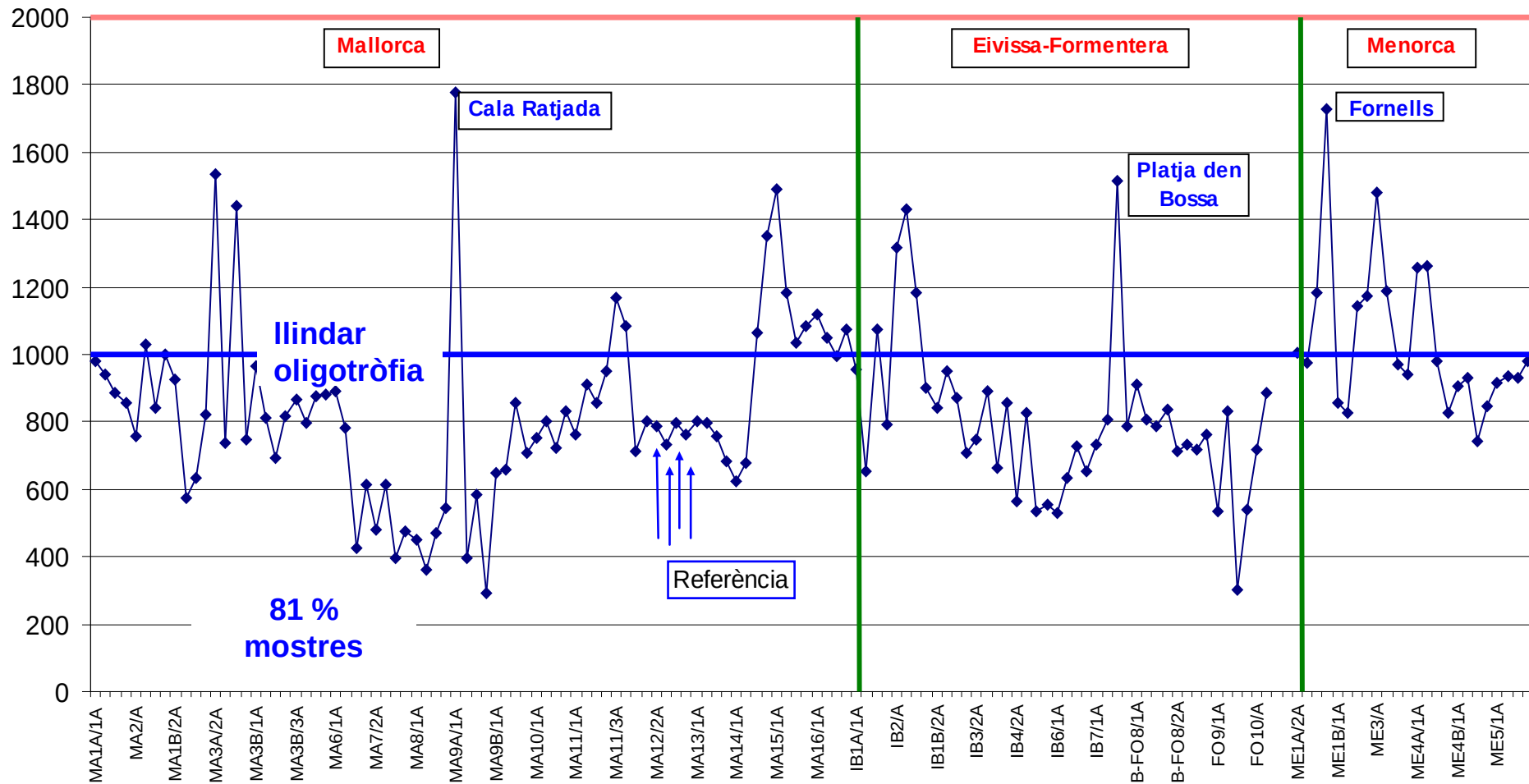
I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

Abundància Fitoplàncton Total (cèl/ml)

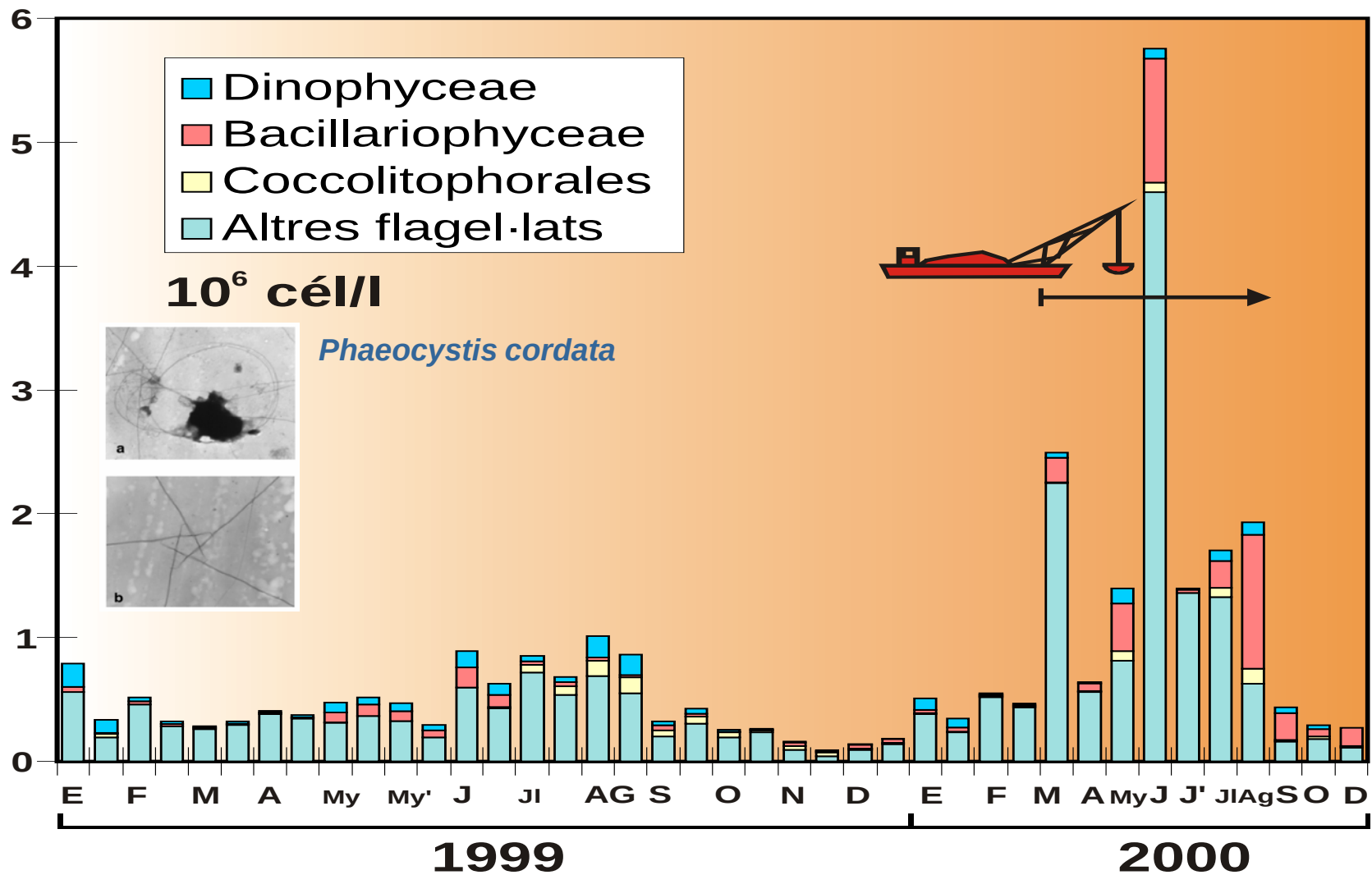
Primavera 2008



I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears



Observacions de *Phaeocystis cordata* (Prymnesiophyceae) en el Port de Maó (Illes Balears, Mediterrani Occidental). M. Puigserver i G. Moyà; *Bolletí de la Societat d'Història Natural de Balears*; 43: 77-80 (2000).

I Jornada científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

S'han identificat 25 espècies reconegudes com a tòxiques per la Intergovernmental Oceanographic Commission (IOC) i 4 espècies formadores de proliferacions (#)

- *Akashiwo sanguinea* #
- *Alexandrium minutum*
- *Alexandrium* spp.
- *Amphidinium carterae*
- *Dinophysis acuta*
- *D. caudata*
- *D. fortii*
- *D. mitra*
- *D. rapa*
- *D. rotundata*
- *D. sacculus*
- *D. tripos*
- *Dinophysis* sp1
- *Gymnodinium catenatum*
- *Karenia papilionacea*

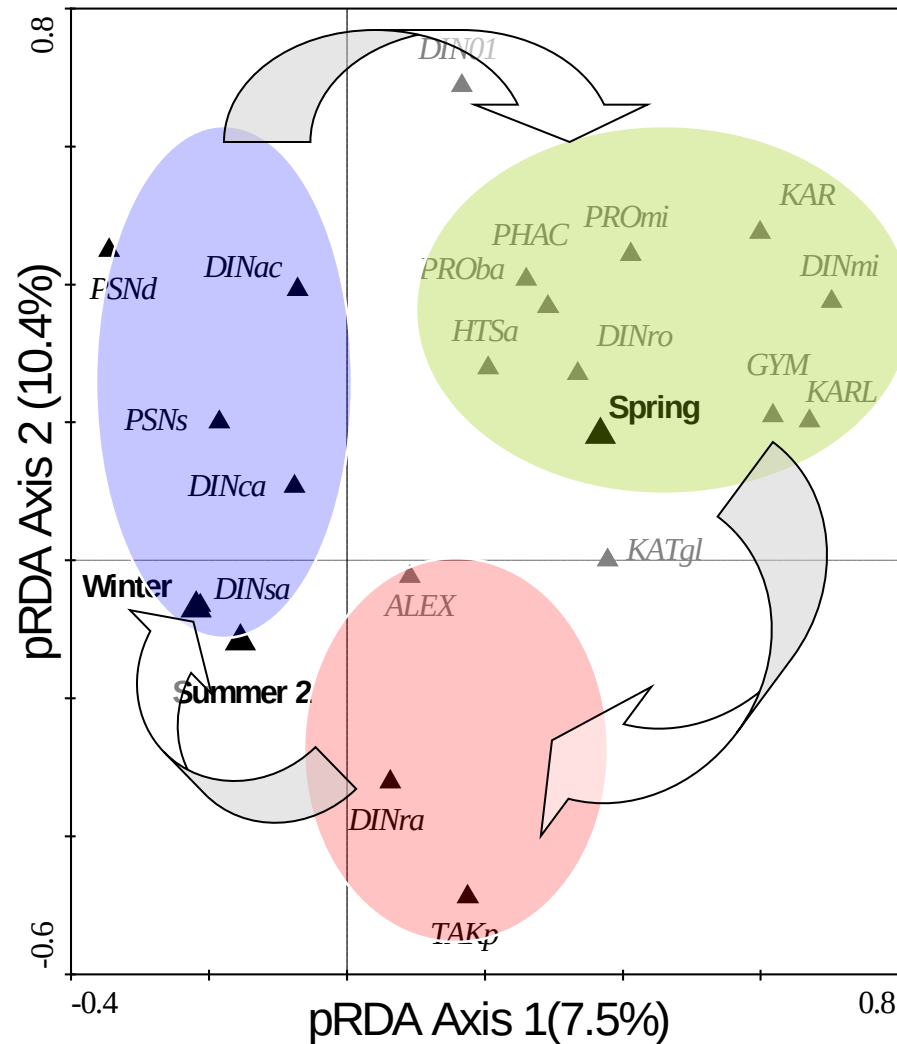
- *Karenia* spp.
- *Karlodinium* grup
- *Katodinium glaucum* #
- *Ostreopsis siamensis*
- *Prorocentrum balticum* #
- *P. emarginatum*
- *P. lima*
- *P. minimum*
- *P. rathymum*
- *Takayama pulchella* #
- *Pseudo-nitzschia gr.delicatissima*
- *Ps-nitzs. gr.serjata*
- *Heterosigma akashiwo*
- *Phaeocystis* sp.

I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

pRDA entre estació del any y especies tóxicas



I Jornada
científicotècnica DMA

Estat ecològic de les masses d'aigua a
les Illes Balears
Implementació de la Directiva Marc d'Aigua

G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears

CONCLUSIONS

- 1.- D'acord amb les variables analitzades es pot dir que globalment les masses d'aigua costeres de l'Arxipèlag Balear tenen un estat ecològic molt bo o bo, les desviacions puntuals d'aquestes condicions s'han de continuar estudiant per veure la seva evolució i trobar les solucions per millorar-les.
- 2.- Les comunitats fitoplanctòniques com integradores de les variacions a les masses d'aigua al llarg de cicle anual, són bons sensors d'alteracions en les condicions ecològiques naturals. Les recomanacions de la darrera reunió del *Phytoplankton working group* (Roma, 15-16/6/2009), incideixen en la necessitat d'estudiar la freqüència dels blooms, les marees roges, els índex de diversitat específica i en l'anàlisi del fòsfor total.
- 3.- Per assolir un bon estat ecològic a totes les masses d'aigua s'han de seguir de forma paral·lela el factors de risc i l'evolució dels indicadors de qualitat. Tot plegat implica disposar d'una base de dades històriques per poder comparar i separar els canvis naturals dels d'origen antròpic. S'ha donat la primera passa, però cal continuar.



G. Moyà, S. Albertí, N. Monerris, J. Pablo,
M. Puigserver, E. Tous, M. Vidal
Universitat de les Illes Balears