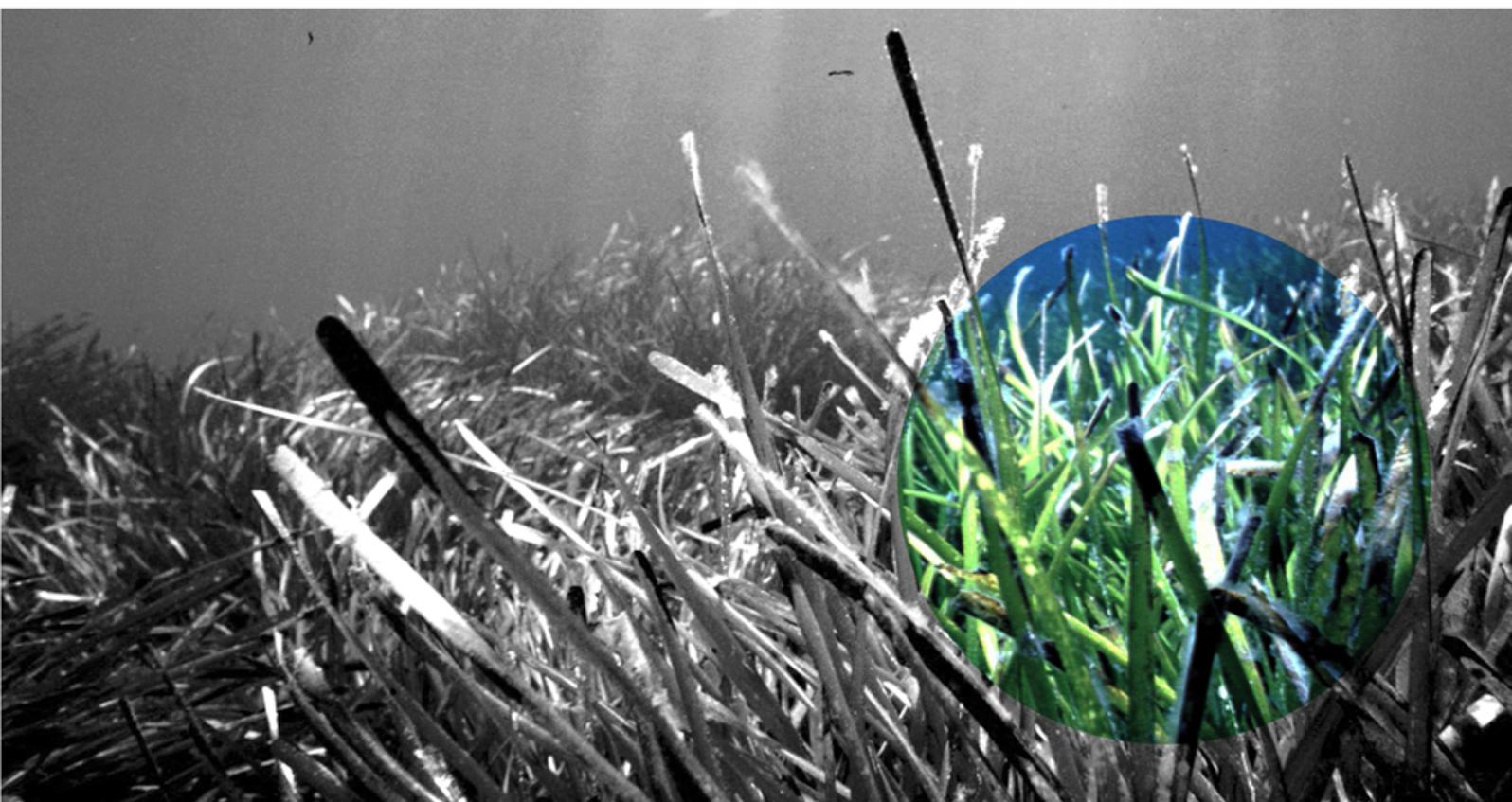


# Estudio de implementación de la Directiva Marco del Agua en las Illes Balears

## Evaluación de la calidad ambiental de las masas de aguas costeras utilizando el elemento biológico de calidad: *Posidonia oceanica*



Director del Estudio: Alfredo Barón Pérez, Direcció General de Recursos Hídrics, Govern de les Illes Balears

Coordinador: Fernando Orozco, FOA Ambiental S.L.

Directores científicos: Carlos M. Duarte, Núria Marbà, Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (UIB-CSIC)

19 de octubre 2011

**Equipo científico**

Prof. Carlos M. Duarte - Prof. Investigación CSIC

Dra. Núria Marbà – Investigadora Científica CSIC

Laura Royo – Técnica

Mika Noguera – Técnica

Lea Kohornen – Técnica

Fernando Pinillos – Técnico

Jaume Reus – Técnico

**Índice**

1. Resumen ejecutivo .....	3
2. Introducción .....	5
2.1. Directiva Marco del Agua .....	5
2.2. Las aguas costeras las Islas Baleares.....	8
2.3. La Posidonia como elemento indicador de calidad .....	12
3. Objetivo .....	15
4. Materiales y métodos.....	16
4.1. Transectos.....	18
4.2. Análisis químicos de las muestras.....	21
4.2.1. Nutrientes y <sup>15</sup> N .....	21
4.2.2. Azufre total y <sup>34</sup> S .....	22
4.2.3. Carbohidratos no estructurales .....	23
4.3. Descriptores demográficos de <i>P. oceanica</i> .....	24
4.4. Clasificación de las masas de agua .....	25
5. Resultados .....	26
5.1. Estructura de la pradera: Cobertura, densidad, porcentaje de rizomas plagiótropos, superficie foliar y porcentaje de hojas necrosadas .....	27
5.1.1. Cobertura .....	27
5.1.2. Densidad de rizomas.....	30
5.2. Descriptores químicos: nutrientes (nitrógeno y fósforo) y azufre.....	34
5.2.1. Carga de nitrógeno (N) en epífitos, hojas y rizomas y abundancia del isótopo <sup>15</sup> N en hojas y rizomas.....	35
5.2.2. Carga de fósforo (P) en hojas y rizomas.....	41
5.2.3. Carga Azufre total (S) en hojas y rizomas y abundancia del isótopo <sup>34</sup> S .....	44
5.3. Descriptores fisiológicos. Carbohidratos no estructurales: sacarosa y almidón .....	49
5.4. Descriptores demográficos.....	52
6. Clasificación del estado ecológico de las masas de agua costeras de Baleares .....	64
7. Referencias .....	75
ANEXO I. Protocolo de muestreo y procesado de muestras .....	77
ANEXO II. Protocolo de análisis de S total y <sup>34</sup> S en tejidos vegetales .....	80

## 1. Resumen ejecutivo

El estado medioambiental de las masas de agua costeras de las Islas Baleares se evaluó utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica* durante agosto y septiembre de los años 2008 y 2009. Las masas de agua costeras en Baleares se dividen en 38 unidades, de las cuales 19 se encuentran en la isla de Mallorca, 11 en las Pitiusas y 8 en la isla de Menorca. En cada masa de agua se cuantificaron los descriptores estructurales (cobertura de la pradera, densidad de haces total, densidad de ápices de rizomas plagiotropos, % de ápices de rizomas plagiotropos, superficie foliar, % hojas necrosadas y longitud foliar necrosada por haz), químicos (concentración de nitrógeno, fósforo y azufre total en hojas y rizomas, concentración de nitrógeno en epífitos foliares y la abundancia isotópica de  $^{15}\text{N}$  y  $^{34}\text{S}$  en hojas y rizomas) y, por último, fisiológicos (concentración de carbohidratos –sacarosa y almidón- no estructurales en rizomas) en praderas de *Posidonia oceanica* de 73 estaciones distribuidas en la costa balear. Como novedad del convenio del año 2008-2009, respecto al anterior, se ha evaluado la dinámica de la abundancia de haces de *P. oceanica* en 9 de las 73 localidades totales, en parcelas permanentes de *P. oceanica* para dar robustez al análisis completo de las masas de aguas de la Baleares. El estado ecológico de las masas de agua en el periodo 2008-2008 se compara con el observado en el periodo 2005-2006 para detectar si el estado de calidad de las masas de agua ha variado desde la implantación de la Directiva Marco del Agua en Baleares. Para clasificar las masas de agua costeras de Baleares según su estado ecológico, se utiliza el índice multivariante POMI (Posidonia Oceanica Multivariate Index) con los descriptores cobertura de la pradera, concentración de nitrógeno y fósforo en rizomas, abundancia isotópica  $^{15}\text{N}$  y  $^{34}\text{S}$  en rizomas. Según el índice multivariante POMI, durante el bienio 2008-2009 nueve masas de agua costeras de Baleares están en “muy buen estado”, 26 en “buen estado”, 2 en “estado aceptable” y ninguna en “estado deficiente” o en “mal estado”. Las masas de agua costeras de Baleares que necesitarán una especial vigilancia son las que se encuentran en “estado aceptable”, que son la MA 7 - Bahía de Alcúdia en Mallorca- y la masa

de agua IB5 que corresponde a Santa Eulària en Ibiza y las masas de agua cuyo EQR esté cercano al cambio de estado. En este último caso, la masa de agua MA11 del sur de Mallorca y la del este de la Bahía de Palma (MA15) –que ha mejorado su categoría a “buen estado” respecto al periodo 2005-2006-, tendrán que ser vigiladas en futuras campañas al estar dentro de la categoría “en buen estado” pero presentar una  $EQR < 0,6$  y estar muy cercanas de el “estado aceptable”.

En general el estado ecológico de las masas de agua de las Islas Baleares se ha visto reducido, disminuyendo el porcentaje de masas de aguas en “muy buen estado”, engrosando las masas de agua en “buen estado” y aumentando, en una, las masas de agua en “estado aceptable”. Confirmando esta tendencia, los estudios demográficos indican que en la mayoría de praderas donde se ha cuantificado la dinámica demográfica de haces, han experimentado pérdidas netas en abundancia de haces, que si estas tasas de declive se mantienen, la densidad de haces actual de las praderas disminuirá a la mitad dentro 3-6 años.

## 2. Introducción

### 2.1. Directiva Marco del Agua

La Directiva Marco del Agua (DMA) o Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la cual se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (DOUE L núm. 327, de 22 de diciembre de 2000), es la norma europea que preside, desde el año 2000, la gestión de las aguas de la Unión Europea y que establece un marco comunitario para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas.

La Directiva Marco del Agua tiene varios objetivos, concretamente la prevención y la reducción de la contaminación, la promoción del uso sostenible del agua, la protección del medio ambiente, la mejora de la situación de los ecosistemas acuáticos y la atenuación de los efectos de las inundaciones y de las sequías. Su objetivo último es alcanzar un «buen estado» ecológico y químico de todas las aguas comunitarias para 2015 a través del cumplimiento de los principios de la sostenibilidad, del no deterioro, de la racionalidad económica y recuperación de costes de los servicios asociados a la gestión del agua, del principio de precaución y adaptación y del principio de gestión participada.

Para ello, los estados miembros deberán:

- (1) aplicar las medidas necesarias para prevenir el deterioro del estado de todas las masas de agua;
- (2) proteger, mejorar y regenerar la calidad de todas las masas de agua con objeto de alcanzar su buen estado a más tardar quince años después de la entrada en vigor de la presente Directiva;
- (3) proteger y mejorar todas las masas de agua, con objeto de lograr un buen potencial

ecológico y un buen estado químico de las aguas superficiales a más tardar quince años después de la entrada en vigor de la presente Directiva; y

(4) aplicar las medidas necesarias con objeto de reducir progresivamente la contaminación procedente de sustancias prioritarias e interrumpir o suprimir gradualmente los vertidos, las emisiones y las pérdidas de sustancias peligrosas prioritarias... (DIRECTIVA 2000/60/CE).

Las masas de agua superficiales europeas se distribuyen entre ríos, lagos, aguas de transición, aguas costeras, aguas superficiales artificiales y aguas superficiales muy modificadas.

El estado ecológico de las masas de agua europeas se define a través del estado hidromorfológico y químico como el ecológico. Para su evaluación se utilizan indicadores biológicos, indicadores hidromorfológicos que afectan a los indicadores biológicos e indicadores químicos y fisicoquímicos que afectan a los indicadores biológicos. El estado ecológico de las masas de agua debe clasificarse según 5 categorías de estado (DIRECTIVA 2000/60/CE):

	muy bueno
	bueno
	aceptable
	deficiente
	malo

- **muy buen estado:** “No existen alteraciones antropogénicas de los valores de los indicadores de calidad fisicoquímicas e hidromorfológicas correspondientes al tipo de masa de agua superficial, o existen alteraciones de muy escasa importancia, en comparación con los asociados normalmente con ese tipo en condiciones inalteradas. Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes a la masa de agua superficial reflejan los valores normalmente asociados con dicho tipo en condiciones inalteradas, y no muestran indicios de distorsión, o muestran indicios de escasa importancia”

- **buen estado:** “Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial muestran valores bajos de distorsión causada por la actividad humana, pero sólo se desvían ligeramente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas”.
- **estado aceptable:** “Los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial se desvían moderadamente de los valores normalmente asociados con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas. Los valores muestran signos moderados de distorsión causada por la actividad humana y se encuentran significativamente más perturbados que en las condiciones correspondientes al buen estado.”
- **estado deficiente:** “aguas que muestren indicios de alteraciones importantes de los valores de los indicadores de calidad biológicas correspondientes al tipo de masa de agua superficial y en que las comunidades biológicas pertinentes se desvíen considerablemente de las comunidades normalmente asociadas con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas.”
- **mal estado:** “aguas que muestren indicios de alteraciones graves de los valores de los indicadores de calidad biológicos correspondientes al tipo de masa de agua superficial y en que estén ausentes amplias proporciones de las comunidades biológicas pertinentes normalmente asociadas con el tipo de masa de agua superficial en condiciones inalteradas.”

## 2.2. Las aguas costeras las Islas Baleares

Las aguas costeras se definen como 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 extienden, en su caso, hasta el límite exterior de las aguas de transición.

A nivel del Estado Español, cada comunidad autónoma es la responsable de aplicar la DMA. En las Islas Baleares, es el Govern de les Illes Balears el encargado de implementar la Directiva por tener las competencias, en materia medioambiental, transferidas a la autonomía.

Inicialmente se compartimentaron las aguas superficiales costeras del archipiélago en función de las diferentes tipologías y presiones antrópicas y posteriormente se ha evaluado el estado ecológico de las mismas mediante indicadores.

En las Islas Baleares se han definido 38 masas de agua costeras, de las que 19 están en Mallorca, 8 en Menorca y 11 en Ibiza y Formentera (Fig. 1a, 1b y 1c). El número de masas de agua ha aumentado en comparación al periodo del convenio anterior (2005-2006), que eran 31 masas de agua repartidas: 16 en Mallorca, 5 en Menorca y 10 en Ibiza y Formentera.



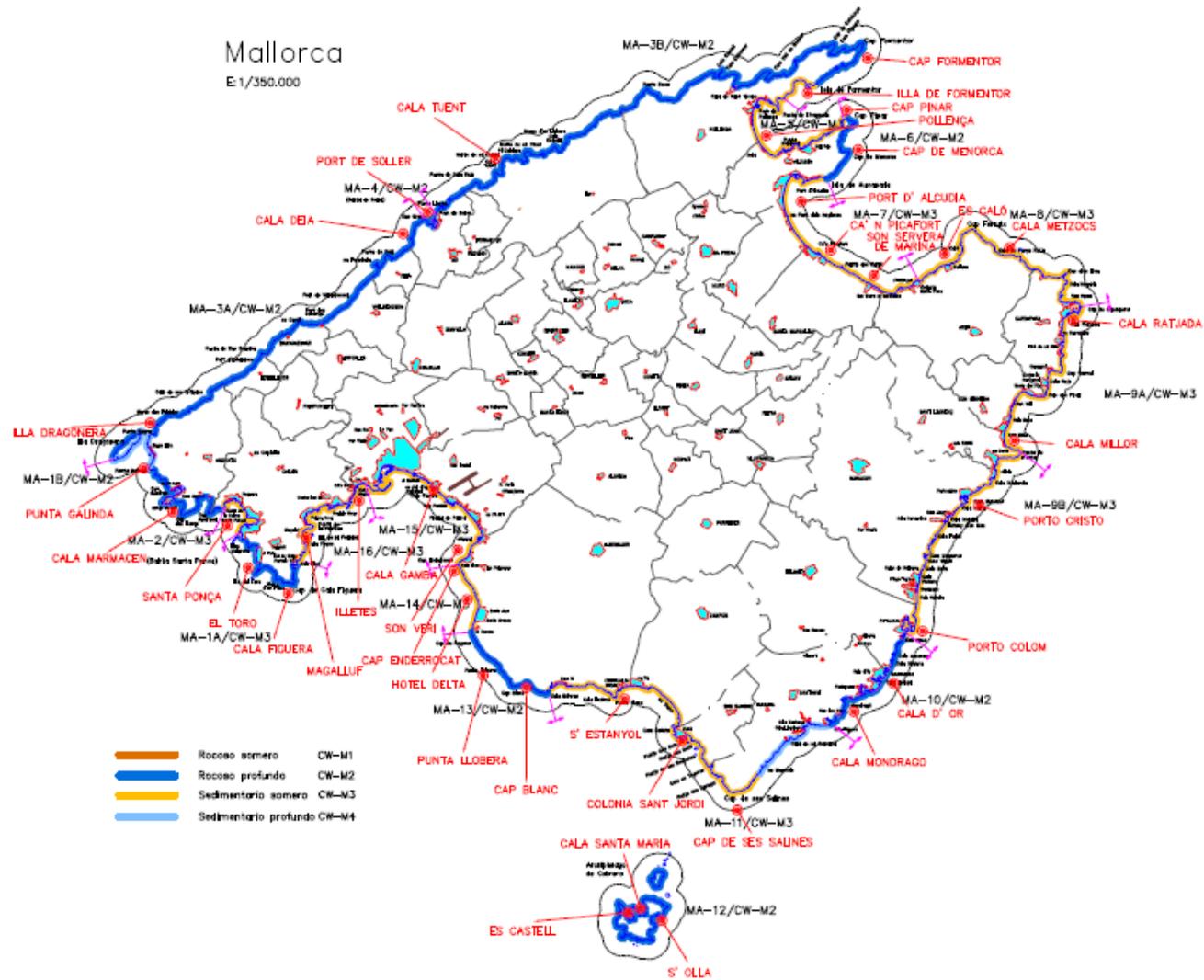


Fig. 1b. Distribución de las masas de agua costeras de las Islas Baleares: Mallorca



Fig. 1c. Distribución de las masas de agua costeras de las Islas Baleares: Islas *Pitiüses*.

### 2.3. La Posidonia como elemento indicador de calidad

Uno de los 4 indicadores de calidad biológicos para evaluar el estado ecológico de las masas de agua costeras en el Mar Mediterráneo, y por lo tanto Baleares, es el estado de las praderas de *Posidonia oceanica*, y concretamente según la Directiva Marco del Agua, la abundancia de angiospermas marinas (en el Mediterráneo, *P. oceanica*).

La Directiva Marco del Agua define el estado ecológico muy bueno, bueno y aceptable de las aguas costeras utilizando el indicador de calidad biológica angiospermas marinas de la siguiente forma:

Indicador	Muy buen estado	Buen estado	Estado aceptable
Angiospermas	Presencia de todos los taxones de angiospermas sensibles a las perturbaciones correspondientes a condiciones inalteradas.  El grado de abundancia de angiospermas corresponde al de condiciones inalteradas.	Presencia de la mayoría de los taxones de angiospermas sensibles a las perturbaciones correspondientes a condiciones inalteradas.  El grado de abundancia de angiospermas presenta leves signos de perturbación.	Ausencia de un número moderado de los taxones de angiospermas sensibles a las perturbaciones correspondientes a condiciones inalteradas.  La abundancia de angiospermas se ve moderadamente perturbada y puede ser tal que se produzca una perturbación indeseable en el equilibrio de los organismos presentes en la masa de agua.

*Posidonia oceanica* es una angiosperma marina endémica del Mediterráneo, que constituye el ecosistema dominante de la franja litoral de Baleares entre los 0 y los 35 m de profundidad. Es una planta clonal de crecimiento extremadamente lento, con una tasa de crecimiento horizontal 1-6 cm año<sup>-1</sup> (Marbà y Duarte 1998) que forma praderas milenarias (Mateo et al 1997).

Los ecosistemas de *P. oceanica* son muy sensibles a los impactos originados por las actividades humanas y reaccionan con respuestas biológicas y ecológicas a distintas escalas (Figura 3), por lo que son buenos indicadores de la magnitud de estas presiones. Por ejemplo, el vertido de aguas residuales, agrícolas, etc. suponen un aumento de los nutrientes que llegan a las aguas donde crecen las praderas y que se ve incrementado en verano como consecuencia de la afluencia masiva de turistas a la zona costera. Al ser el Mediterráneo un mar oligotrófico, si estos nutrientes se mantuvieran en concentraciones estables, podrían tener un efecto beneficioso sobre el crecimiento de las angiospermas (Alcoverro et al. 1997). Sin embargo, un exceso de nutrientes puede provocar efectos negativos sobre su fisiología a la vez que organismos de vida más corta como el fitoplancton o los epífitos pueden responder más rápidamente a este aumento de la concentración de nutrientes, proliferando masivamente y reduciendo la luz que llega a las hojas de *P. oceanica*, con el consiguiente efecto negativo sobre la fotosíntesis. La eutrofización de las aguas supone, además, un aumento de la deposición de materia orgánica, cuya oxidación puede provocar anoxia en el sedimento con la consiguiente formación de compuestos tóxicos que causan una reducción de la vitalidad de los haces y su mortalidad (Calleja et al 2007). Otras actividades humanas, como las obras en la costa, la regeneración de playas, etc. al cambiar el balance sedimentario, pueden también afectarlas, así como la destrucción física y directa por parte de las anclas. La mayoría de estos impactos se producen simultáneamente, ocurriendo entre ellos sinergias y antagonismos, que dificultan el estudio de las respuestas de la planta a los mismos.

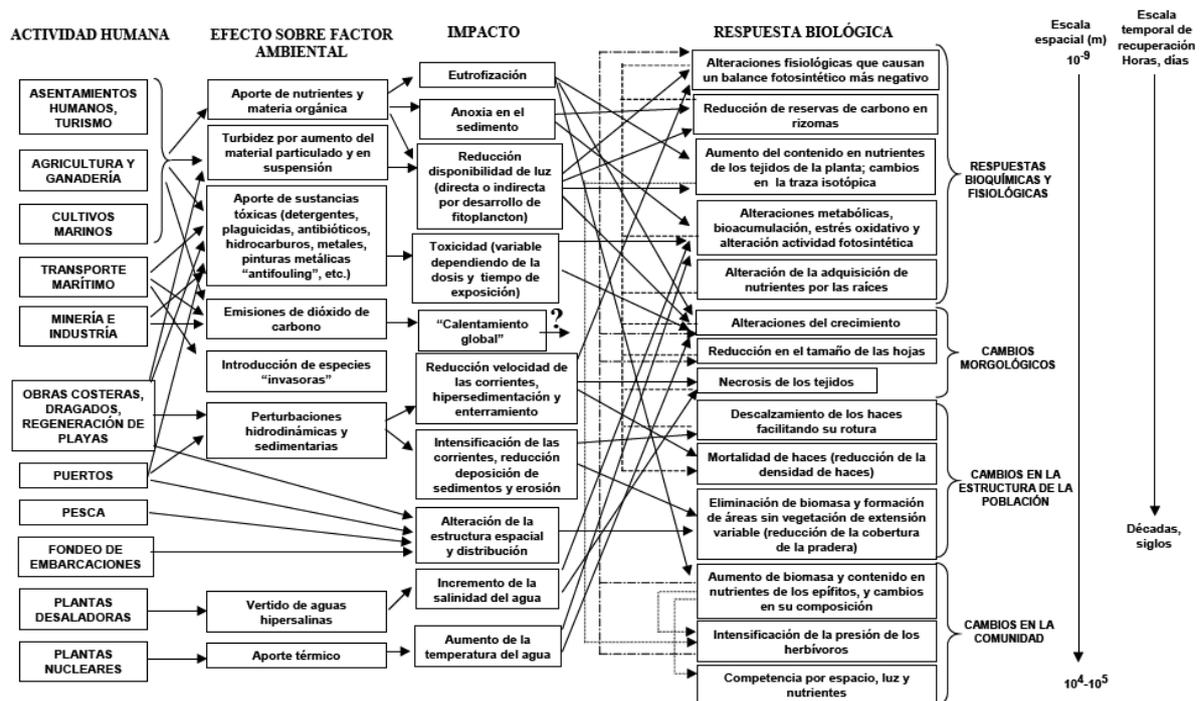


Figura 3. Esquema para representar la complejidad de las interacciones entre los impactos antropogénicos y las respuestas de *P. oceanica* (Martínez, 2008)

*Posidonia oceanica* puede ser utilizada eficientemente como elemento biológico de calidad principalmente por tres razones:

- su alta sensibilidad a las perturbaciones (e.g. disminución de la transparencia del agua, eutrofización, contaminación, erosión)
- su amplia distribución a lo largo las costas mediterráneas,
- y la gran cantidad de conocimientos sobre la biología y ecología de la especie, en las respuestas específicas de la planta y el ecosistema, asociados a los impactos antropogénicos.

Se han desarrollado distintos índices, que combinan un número más o menos extenso de descriptores o variables, para clasificar el estado medioambiental de las masas costeras mediterráneas utilizando *Posidonia oceanica* como indicador biológico. Uno de ellos, aceptado por la Directiva Marco del Agua, es el índice multivariante POMI (Romero et al 2007).

### 3. Objetivo

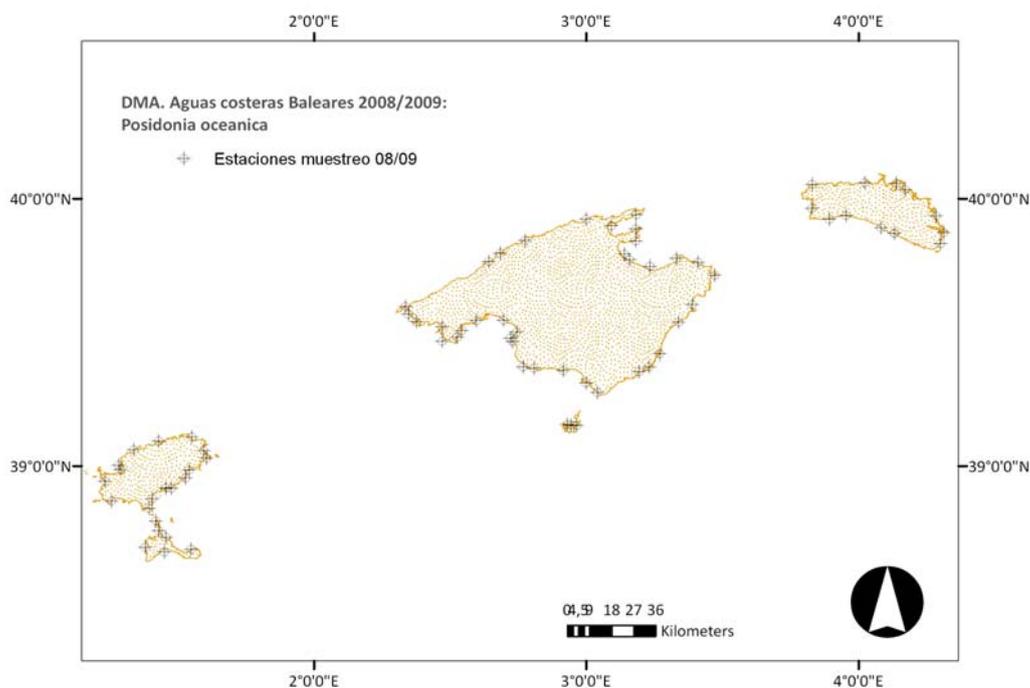
El objetivo de este estudio es evaluar la calidad ambiental del litoral balear en función del indicador de calidad biológico establecido por la Directiva Marco del Agua 2000/60/EC *Posidonia oceanica* durante el periodo 2008-2009 y compararlo con el estado ecológico de las masas de agua de Baleares observado durante el periodo 2005-2006. El estado ecológico de las masas de agua costeras de Baleares se evalúa empleando el índice multivariante POMI. Además, en algunas masas de agua se utilizan descriptores demográficos de *P. oceanica*, cuantificados en parcelas permanentes, para validar la evaluación obtenida con el índice POMI. Los descriptores demográficos de *P. oceanica* son un indicador robusto del estado de la pradera ya que permiten detectar anualmente si la abundancia de la pradera se mantiene estable, en expansión o regresión (Marbà et al 2005). De hecho, como se menciona anteriormente, la DMA (WFD 2000/60/EC) define que las aguas costeras están en “buen estado ecológico” cuando “la abundancia de angiospermas marinas muestra solo ligeros síntomas de perturbación”.

#### 4. Materiales y métodos

Durante los meses de agosto y septiembre de 2008 y 2009, se muestrearon las praderas de *Posidonia oceanica* de 73 localidades de Baleares distribuidas en 38 masas de agua costeras (Fig. 4) . Las fechas y coordenadas de las estaciones estudiadas se compilan en la Tabla 1.

Los parámetros examinados en cada pradera fueron:

- Cobertura de la pradera
- Densidad de haces total
- Densidad de rizomas plagiotropos y ortótropos
- Superficie foliar de los haces
- Porcentaje de hojas necrosadas y longitud foliar necrosada por haz
- Contenido de nitrógeno en hojas y rizomas
- Contenido de nitrógeno en epifitos
- Contenido de fósforo en hojas y rizomas
- Contenido de carbohidratos no estructurales en rizomas (sacarosa y almidón)
- Abundancia relativa del isótopo  $^{15}\text{N}$  en hojas y rizomas
- Abundancia relativa de S total e isótopo  $^{34}\text{S}$  en hojas y rizomas



**Fig.4 Localización de las 73 estaciones de muestreo de las praderas de *P. oceanica* en las aguas costeras de las Islas Baleares.**

**Tabla 1. Listado de las 73 estaciones repartidas entre las 38 masas de agua. Se especifica el código de la masa de agua, nombre de la localidad, profundidad, coordenadas geográficas y fecha de muestreo de las estaciones de *Posidonia oceanica* muestreadas.**

Localidad	Código de la Masa de agua	Profundidad (m)	Fecha de muestreo	Latitud (N)	Longitud (E)
Punta de Sa Creu	FO10	7,4	16/09/2008	38,6850	1,5489
Punta Rasa	FO9/1	11,0	17/09/2008	38,6923	1,3804
Platja des Mitjorn	FO9/2	9,4	18/09/2008	38,6748	1,4508
Cap Llentrisca	IB1A/1	6,4	07/09/2009	38,8662	1,2569
Cala Tarida	IB1A/2	9,4	07/09/2009	38,9406	1,2323
Cap Negret	IB1B/1	8,3	03/09/2009	39,0000	1,2841
Cap Mussos	IB1B/2	13,0	02/09/2009	39,0589	1,3382
Sant Antoni	IB2	7,6	03/09/2009	38,9833	1,2890
Punta Sa Creu	IB3/1	6,5	02/09/2009	39,0910	1,4300
Punta des Gat	IB3/2	10,0	02/09/2009	39,1070	1,5514
Punta den Valls	IB4/1	5,7	01/09/2009	39,0560	1,5959
Cala Llenya	IB4/2	6,5	01/09/2009	39,0279	1,6065
Santa Eulària	IB5	5,0	31/08/2009	38,9819	1,5422
Cala Llonga	IB6/1	6,5	20/09/2008	38,9525	1,5291
Punta dets Andreus	IB6/2	5,7	20/09/2008	38,9145	1,4765
Talamanca	IB7/1	4,4	20/09/2008	38,9157	1,4568
Platja den Bossa	IB7/2	4,3	20/09/2008	38,8747	1,4068
Platja de Ses Salines	IB-FO8/1	8,0	19/09/2008	38,8384	1,3933
Cala Torreta	IB-FO8/2	5,5	16/09/2008	38,7909	1,4197
Illetes formentera	IB-FO8/3	7,3	17/09/2008	38,7561	1,4305
Es Pujols	IB-FO8/4	8,0	16/09/2008	38,7293	1,4564
Cala D'Or	MA10/1	7,2	12/08/2008	39,3694	3,2315
Cala Mondragó	MA10/2	7,6	12/08/2008	39,3509	3,1932
Es Caragol-Cap de Salines	MA11/1	4,8	08/08/2008	39,2732	3,0413
Colonia Sant Jordi	MA11/2	8,4	01/09/2008	39,3094	2,9993
S'Estanyol	MA11/3	3,9	01/09/2008	39,3563	2,9167
Es Castell (Cabrera)	MA12/1	12,0	07/08/2008	39,1530	2,9290
Santa Maria (Cabrera)	MA12/2	9,4	06/08/2008	39,152	2,9450
S'Olla (Cabrera)	MA12/3	7,7	06/08/2008	39,1498	2,9648
Cap Blanc	MA13/1	10,3	20/08/2009	39,3648	2,8081
Punta Llobera	MA13/2	11,0	20/08/2009	39,3687	2,7687
Hotel Delta	MA14/1	6,3	21/09/2009	39,4626	2,7297
Cap Enderrocat	MA14/2	10,5	25/09/2009	39,4750	2,7215
Cala Gamba	MA15/1	4,5	28/08/2008	39,5425	2,6962
Son Verí	MA15/2	5,4	28/08/2008	39,4978	2,7440
Illetes Mallorca	MA16/1	9,4	25/08/2008	39,5412	2,5958
Magalluf	MA16/2	5,8	04/08/2008	39,5042	2,5432
Cala Figuera (Portals Vells)	MA1A/1	6,4	08/09/2008	39,4781	2,5266
El Toro	MA1A/2	10,0	08/09/2008	39,4630	2,4708
Cala Marmacén	MA1B/1	8,1	09/09/2008	39,5363	2,3762
Punta Galinda	MA1B/2	11,5	09/09/2008	39,5653	2,3474
Santa Ponça	MA2	6,5	08/09/2008	39,5178	2,4707
Dragonera	MA3A/1	11,0	09/09/2008	39,5930	2,3361

Localidad	Código de la Masa de agua	Profundidad (m)	Fecha muestreo	Latitud (N)	Longitud (E)
Cala Deià	MA3A/2	12,0	19/08/2008	39,7628	2,6425
Cala Tuent	MA3B/1	5,5	28/09/2009	39,8412	2,7753
Cap Formentor	MA3B/2	8,0	19/08/2009	39,9392	3,1840
Illa de Formentor	MA3B/3	12,8	26/08/2008	39,9215	3,1492
Port de Sóller	MA4	10,6	19/08/2008	39,7943	2,6846
Pollença	MA5	4,4	26/08/2008	39,8965	3,0921
Cap Pinar	MA6/1	9,0	30/09/2008	39,8851	3,1819
Cap de Menorca	MA6/2	15,0	14/09/2009	39,8400	3,1819
Port d'Alcúdia	MA7/1	14,2	24/08/2009	39,7910	3,1405
Can Picafort	MA7/2	11,1	24/08/2009	39,7697	3,1598
Son Serra de Marina	MA7/3	10,8	03/09/2008	39,7447	3,2340
Es Caló	MA8/1	10,5	03/09/2008	39,7740	3,3310
Cala Metzoc	MA8/2	6,1	29/09/2009	39,7597	3,4107
Cala Ratjada	MA9A/1	8,5	29/09/2009	39,7113	3,4724
Cala Millor	MA9A/2	4,8	04/09/2008	39,6006	3,3902
Porto Cristo	MA9B/1	4,5	10/09/2009	39,5354	3,3389
Porto Colom	MA9B/2	4,2	21/08/2008	39,4175	3,2697
Cala Morell	ME1A/1	7,0	15/08/2009	39,8035	4,2673
Illes Bledes	ME1A/2	10,5	15/08/2009	40,0583	4,0223
S'Arenal de S'Olla	ME1B/1	9,2	14/08/2009	40,0326	4,1715
Cala Es Grau	ME1B/2	7,5	13/08/2009	39,9345	4,2845
S'Algar	ME1C	8,9	13/08/2009	39,8293	4,3015
Fornells	ME2	6,0	14/08/2009	40,0565	4,1377
Port de Mao	ME3	8,5	13/08/2009	39,8716	4,3126
Biniancolla	ME4A/1	5,0	12/08/2009	39,8683	4,1313
Cala'n Porter	ME4A/2	7,0	12/08/2009	39,8683	4,1313
Ses Penyes	ME4B/1	5,3	12/08/2009	39,8898	4,0820
Cala Galdana	ME4B/2	8,0	11/08/2009	39,9360	3,9542
S'Arenal de Son Saura	ME5/1	17,2	11/08/2009	39,9207	3,8935
Cala Blanca	ME5/2	13,5	11/08/2009	39,9625	3,8288

#### 4.1. Transectos

En cada estación se extendieron 3 transectos de 20 m, a lo largo de los cuales se anotó en qué posición el tipo sustrato cambiaba (Fig. 5). Se anotaba la presencia de *Posidonia oceanica*, arena, mata muerta, roca y también la combinación de pradera de Posidonia y otras algas invasoras si convivían en un mismo espacio (por ejemplo P+Cr= Posidonia y *Caulerpa racemosa*; P+Cp= Posidonia y *Caulerpa prolifera* ).



**Fig. 5. Buzo recontando la densidad de haces en un cuadrado de 50cm x 50cm en una estación en Menorca, después de haber extendido la cinta métrica para establecer uno de los tres transectos y cuantificar la cobertura de *Posidonia oceanica*.**

En dos transectos y en la posición de 0 m, 5m, 10 m, 15 m y 20 m se midió la densidad de haces y el número de ápices en cuadrados de 50 m x 50 m (Fig. 5).

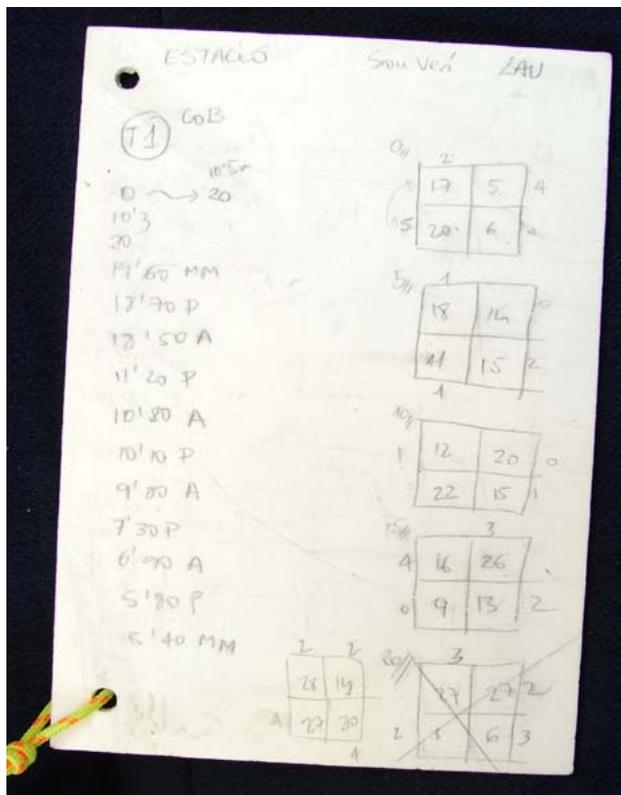
Cuando la pradera era muy densa, la densidad de haces se midió en un cuadrados de 25 m x 25 m (Fig. 6).



**Fig. 6. Cuadrado de 50 cm x 50 cm posicionado al lado del transecto de 20m. Donde se midió la**

**densidad de haces y ápices de rizomas plagiotropos de *Posidonia oceanica*.**

Los datos de campo se tomaban *in situ* mediante tablillas (Fig. 7).



**Fig. 7.** Tablilla utilizada para la toma de datos en el fondo. Se observan los datos crudos de cobertura de *Posidonia* de un transecto y la densidad de rizomas en 5 cuadrado de 50 cm x 50 cm

En cada estación se recogieron 10 haces verticales para los datos de morfología foliar, análisis de nutrientes y análisis de los carbohidratos no estructurales y 9 fragmentos de rizoma plagiótrofo para medir el contenido de nutrientes en rizomas.

En el laboratorio (Fig. 8), se midió la superficie foliar de 10 haces y la longitud foliar necrosada; se rascaron y guardaron los epifitos de 3 haces; se guardó la 2ª hoja más joven de 4 haces para posterior análisis de nitrógeno y  $^{15}\text{N}$  en hojas; igualmente, se seleccionaron la 2ª hoja más joven de 4 haces para posterior análisis de fósforo; se separaron 3 fragmentos de rizoma joven, 3 para posterior análisis de nitrógeno y  $^{15}\text{N}$  y 3 para posterior análisis de fósforo; la parte verde (sin epifitos) de todas las hojas de tres haces y tres fragmentos de rizoma joven

adicionales se sumergieron en agua destilada durante 5 min. para posterior análisis de S total y  $^{34}\text{S}$ ; finalmente, 4 fragmentos de rizoma vertical joven se separaron para posterior estimación del contenido de carbohidratos no estructurales. Todas las muestras para análisis químicos, se preservaron congeladas.



**Fig. 8. Trabajo de laboratorio para la toma de datos morfométricos**

La descripción detallada del protocolo y procesado de muestras durante los muestreos se incluye en el anexo adjunto.

## 4.2. Análisis químicos de las muestras

### 4.2.1. Nutrientes y $^{15}\text{N}$

Las muestras para análisis de contenido de nutrientes y  $^{15}\text{N}$  se secaron durante al menos 24 h a 60 °C. Las muestras secas de hojas, fragmentos de rizoma y epifitos se trituraron con hasta obtener un polvo fino.

El contenido de nitrógeno en las muestras molidas se analizó utilizando un analizador CHN (Fisons NA1500).

El contenido de fósforo en las muestras molidas se determinó mediante extracción con oxidación seca e hidrólisis ácida, seguida de análisis colorimétrico de la concentración de

fosfato en el extracto (Fourqurean et al. 1992).

Los análisis de  $^{15}\text{N}$  se realizaron con un espectrómetro de masas (EA-IRMS) siguiendo el protocolo estándar para analizar la razón isotópica elemental. Se utilizó el EA para reducir, mediante combustión, el material orgánico a gas  $\text{N}_2$ , el cual se midió con un Finnigan MAT Delta C IRMS en modo de flujo continuo. La razón isotópica de las muestras (R) se da en la notación estándar delta ( $\delta$ , en ‰):

$$\delta (\text{‰}) = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] \cdot 1000$$

Los resultados se presentan en relación al estándar internacional de nitrógeno atmosférico (aire,  $\text{N}_2$ ), utilizando como estándar secundario IAEA N-3. La capacidad de reproducir los valores obtenidos, en base a muestras replicadas, era superior a  $\pm 0.2$ .

Los análisis de contenido de nutrientes y abundancia natural de  $^{15}\text{N}$  en las muestras se realizaron en la Universidad Internacional de Florida (EEUU).

#### 4.2.2. Azufre total y $^{34}\text{S}$

Las muestras de rizoma y hojas para el análisis de Azufre total y  $^{34}\text{S}$  se liofilizaron durante 24h. Previo al análisis del contenido de azufre total y  $^{34}\text{S}$ , las muestras vegetales liofilizadas se secaron durante 48 horas a  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , y se trituraron hasta obtener un polvo fino.

Se encapsularon 5 mg de cada muestra vegetal triturada junto con 9 mg de pentóxido de vanadio y se colocaron las muestras en el muestreador automático para su análisis isotópico utilizando un EA-IRMS. Se siguió el mismo procedimiento para preparar y analizar el material de referencia. Estos análisis se realizaron en el Iso-analytical Laboratory de Gran Bretaña. Se adjunta el protocolo de análisis detallado en el Anexo 2.

El material de referencia utilizado para estos análisis fue el IA-R036 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, sulfato de bario,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +20.74 \text{ ‰}$ ). El IA-R026 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, sulfato de plata,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = 3.96 \text{ ‰}$ ), el IA-R025 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, sulfato de bario,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +8.53 \text{ ‰}$ ) y el IA-R036 se utilizaron para calibrar y corregir la contribución de  $^{18}\text{O}$  en el haz de iones de  $\text{SO}^+$ .

Además, durante el análisis de las muestras vegetales se midieron también muestras de IA-R025, IA-R026, IA-R027 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, Ballena azul de barbas,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = 16.30 \text{ ‰}$ ), IA-R036 y IAEA-SO-5 (sulfato de bario,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = 0.50 \text{ ‰}$ ) para las que se conocía su composición isotópica como control de calidad de los análisis.

La razón isotópica de las muestras (R) se da en la notación estándar delta(R) se da en la notación estándar delta ( $\delta$ , en ‰):

$$\delta \text{ (‰)} = [(R_{\text{muestra}}/R_{\text{estándar}}) - 1] \cdot 1000$$

#### 4.2.3. Carbohidratos no estructurales

Las muestras de los 4 rizomas ortótopos de *P. oceanica* se trituraron hasta obtener un polvo fino. Se extrajeron los carbohidratos no estructurales (sacarosa y almidón) de 0,05g de peso seco de las muestras de rizoma trituradas con etanol caliente (80°C) y centrifugados 4 veces a 4500 rpm. En cada centrifuga se separará el etanol del pellet, quedando tubos de 15mL de etanol con la sacarosa disuelta.

Se procede evaporar hasta secar los restos de etanol con una corriente de  $\text{N}_2$ . Los pellet se redisolviéron en NaOH durante 24h.

Los extractos se redisolviéron en agua destilada y fueron analizados espectrofotométricamente ( $\lambda=626\text{nm}$ ) con una concentración de antrona estandarizada para la sacarosa (Zimmerman et al (1995), Romero et al (2006))

#### 4.3. Descriptores demográficos de *P. oceanica*

Durante el verano de los años 2008 y 2009, se cuantificaron las tasas anuales específicas de mortalidad ( $M$ , año<sup>-1</sup>), reclutamiento ( $R$ , año<sup>-1</sup>), y crecimiento neto de la población ( $\mu$ , año<sup>-1</sup>), de haces de *P. oceanica* en 9 de las 73 praderas de la red de estaciones de la DMA. En cada pradera seleccionada tenemos instaladas 3 parcelas permanentes de entre 0.09 m<sup>2</sup> y 0.25 m<sup>2</sup> (Fig. 9), según sea la densidad de haces de la pradera, en las que, desde la primera mitad de la década del 2000, seguimos la evolución de la abundancia y tasas demográficas de la pradera.



**Fig. 9. Vista superior de una parcela permanente en Cala d'Or (Mallorca), se observan las boyas que marcan los vértices de la parcela**

Al instalar las parcelas censamos y marcamos con una brida de plástico de un color determinado todos los haces presentes en cada parcela. Visitamos estas parcelas una vez al año, durante el verano. En cada visita, contamos el número de haces que han sobrevivido desde la visita anterior (i.e. haces vivos con brida) y el número de haces que se han reclutado desde la visita anterior (i.e. haces vivos sin brida). Además marcamos con una brida de un color nuevo los haces reclutados. La tasa de mortalidad específica ( $M$ , año<sup>-1</sup>) se calculó como:

$$M = \frac{(\ln(NT_{i-1}/NS_i)) \cdot 365}{t_i - t_{i-1}}$$

donde  $NT_{i-1}$  es el número de haces vivos durante el censo del año anterior ( $t_{i-1}$ , días) en cada parcela y  $NS_i$  el número de haces marcados supervivientes en  $t_i$  (días). La tasa de reclutamiento de haces específica ( $R$ ; en años<sup>-1</sup>) se estimó como,

$$R = \frac{(\ln(NT_i/NS_i)) \cdot 365}{t_i - t_{i-1}}$$

donde  $NT_i$  es el número de haces vivos en el tiempo  $t_i$  en cada parcela, incluyendo tanto haces supervivientes como reclutas. La tasa de crecimiento neto de la población de haces ( $\mu$ ; año<sup>-1</sup>) se calculó como

$$\mu = \frac{(\ln(NT_i/NT_{i-1})) \cdot 365}{t_i - t_{i-1}}$$

La tasa de crecimiento neto de la población ( $\mu$ ) indica si la abundancia de la pradera se mantiene estable ( $\mu = 0$ ), está en expansión ( $\mu > 0$ ) o en declive ( $\mu < 0$ ).

#### 4.4. Clasificación de las masas de agua

Para clasificar las masas de aguas costeras de la Islas Baleares utilizando el Elemento Biológico de Calidad (BQE) *Posidonia oceanica*, se ha seguido la metodología descrita por Romero *et al* (2007), utilizando el índice multivariante POMI (Posidonia Oceanica Multivariate Index).

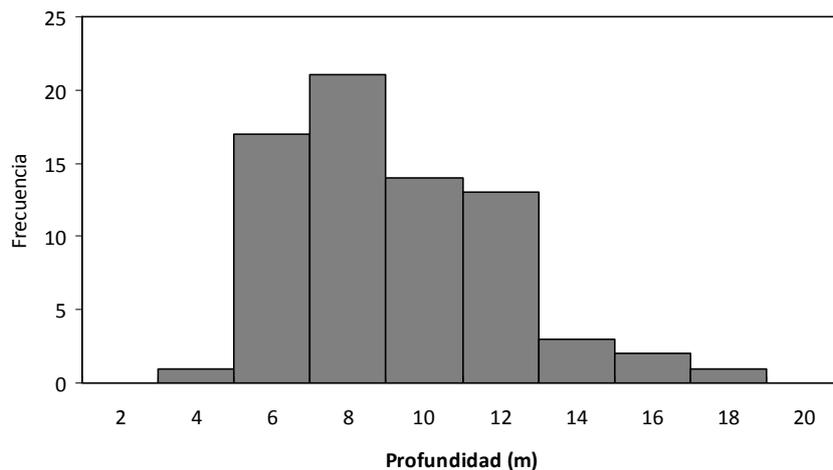
Con el fin de comparar los datos de EQR de las praderas entre los periodos 2005-2006 y 2008-2009, el análisis multivariante se ha realizado incluyendo los descriptores de cobertura, contenido en nitrógeno y fósforo en rizomas, abundancia relativa de <sup>15</sup>N en rizomas, abundancia relativa de <sup>34</sup>S en rizomas.

## 5. Resultados

Durante los años 2008 y 2009 se realizaron los muestreos para evaluar la calidad ecológica de las aguas costeras de las Islas Baleares, compartimentadas en 38 masas de agua, con 73 estaciones de muestreo, 10 de ellas con 3 parcelas permanentes para el estudio de la demografía. La *Posidonia oceanica* fue utilizada como Elemento Biológico de Calidad para inferir el estado ecológico de las aguas costeras.

La calidad ambiental de la mayoría de masas de agua se ha evaluado a partir de la media de las estimas de la calidad ambiental cuantificadas en al menos 2 estaciones. La calidad medioambiental de masas de agua extensas se ha evaluado a partir de estimas de calidad ambiental medidas en 3 o 4 estaciones. En el caso de masas de agua de poca extensión, confinadas a bahías o puertos, se ha evaluado en una única estación, como ocurre en la Bahía de Sant Antoni y Santa Eularia (en Ibiza), Cala Fornells y Port de Maó (en Menorca) y Santa Ponça, Port de Sóller y Bahía de Pollença (en Mallorca).

La profundidad a la que se disponían los transectos y los cuadrados de densidad se situó preferentemente en un rango de 5m a 11m de profundidad para evitar la variabilidad de las condiciones de la pradera con la profundidad. En algunas ocasiones, y siempre por alguna razón justificada, se tuvo que escoger una profundidad dentro de ese rango 4m y 17 m aunque la profundidad de la mayoría de estaciones era entre 5m y 11 m (Tabla 1, Fig. 10),



**Fig. 10. Histograma de profundidades de las estaciones de *Posidonia oceanica* muestreadas.**

### 5.1. Estructura de la pradera: Cobertura, densidad, porcentaje de rizomas plagiótrofos, superficie foliar y porcentaje de hojas necrosadas

Los parámetros de abundancia (cobertura y densidad) de *P. oceanica*, la especie constitutiva de la pradera, son buenos descriptores locales de la estructura de este hábitat e indicadores de su estado de salud, ya que son sensibles a los cambios ambientales que afectan a la pradera. Hay que tener en cuenta que estos parámetros muestran un declive exponencial característico con la profundidad .

#### 5.1.1. Cobertura

La cobertura se define como el porcentaje de superficie cubierto por rizomas vivos de *P. oceanica*, es por tanto un parámetro adimensional. Para cada estación se calcula la media y el error estándar.

Es un método del intercepto lineal, la medida de la longitud de cinta ocupada por cada sustrato, dividida por la longitud total del transecto (que puede estar formado, además, por

A=Arena, MM= Mata muerta, R=Roca), da una estima global del porcentaje de cobertura de cada sustrato en el transecto. En este caso también se ha incluido como cobertura de Posidonia la combinación de pradera de Posidonia y otras algas invasoras si convivían en un mismo espacio (por ejemplo P+Cr= Posidonia y Caulerpa racemosa; P+Cp= Posidonia y Caulerpa prolifera). Para cada transecto se promedia la medida hecha por cada buzo muestreador. La media de la cobertura de pradera entre los transectos de cada estación de muestreo representa una estimación de la cobertura global de la pradera en esta estación.

La cobertura de *Posidonia oceanica* en las estaciones estudiadas varía entre un 38% y un 99% del fondo (Tabla 2a, Fig. 11), siendo en promedio del  $80,5 \pm 1,5\%$ . En general, las estaciones muestreadas presentan valores altos de cobertura de Posidonia, más de la mitad superan el 80% de cobertura de *P. oceanica*. Las estaciones con menos superficie cubierta por Posidonia son Port d'Alcúdia (MA7/1) con 38,8% y Ses Penyes (ME4B/1) con 44,5%. Coincide Port d'Alcúdia con la localidad con menor cobertura de Posidonia en el anterior muestreo 2005-2006, aunque este año se haya visto incrementado ese % de 35 a 38%. En el otro lado, las estaciones con mayor cobertura son: Cala Morell (ME1A/1) y Santa Maria (MA12/2) con más de 98% de cobertura (Tabla 2a, Fig. 11). Las estaciones del Freus entre Ibiza y Formentera, el norte de Menorca, la zona entre Andratx y Dragonera, la zona de s'Aucanada y Formentor, así como algunas estaciones del este de Mallorca y las de Cabrera, presentan, en general, altos porcentajes de cobertura de *P. oceanica* (Fig. 12).

Destacan el fondo de la estación de Santa Eulàlia (IB5/1) que en el periodo 2005-2006 estaba casi totalmente recubiertos de pradera (91,5%) y en este periodo de estudio ha bajado hasta 62,3%, la séptima menos cubierta por Posidonia.

A pesar de esta diferencia, se debe ser cauteloso ya que la variable % de cobertura de Posidonia puede variar mucho de año en año por el simple hecho de posicionamiento del transecto dentro de una estación, la orografía del sustrato, etc. Esta variable puede detectar

cambios a medio y largo plazo en la cobertura de pradera, por eso los cambios a pequeña escala temporal, hay que tomarlos con prudencia.

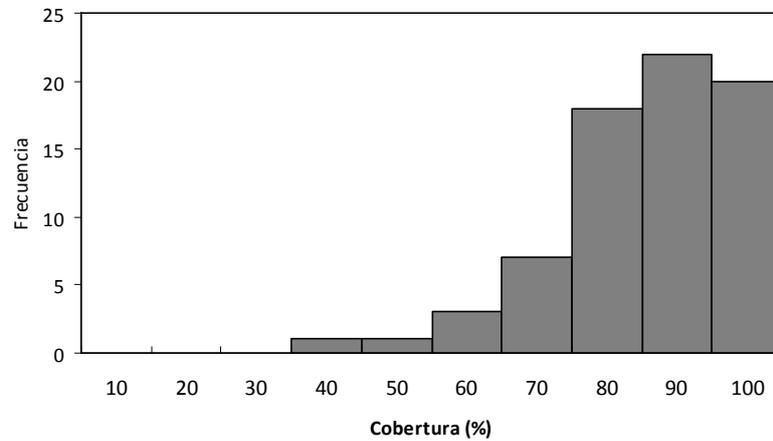


Fig. 11. Histograma del porcentaje del fondo cubierto por *Posidonia oceanica* (cobertura %) en las estaciones muestreadas.

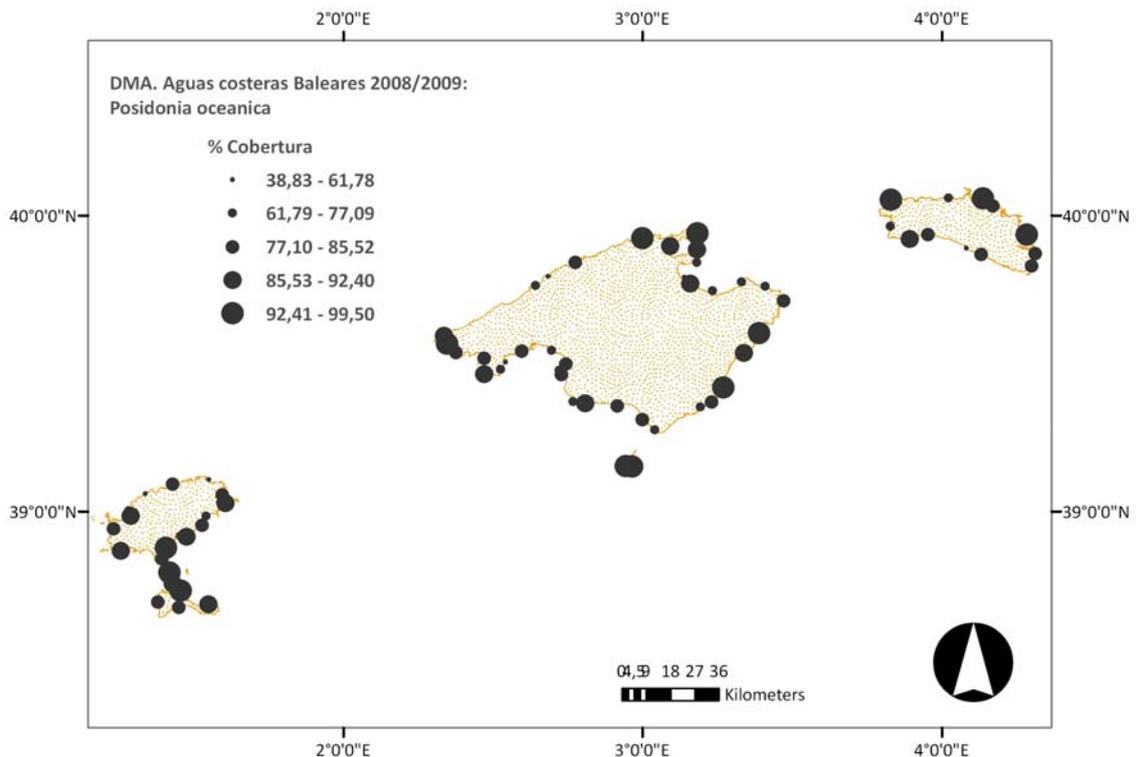
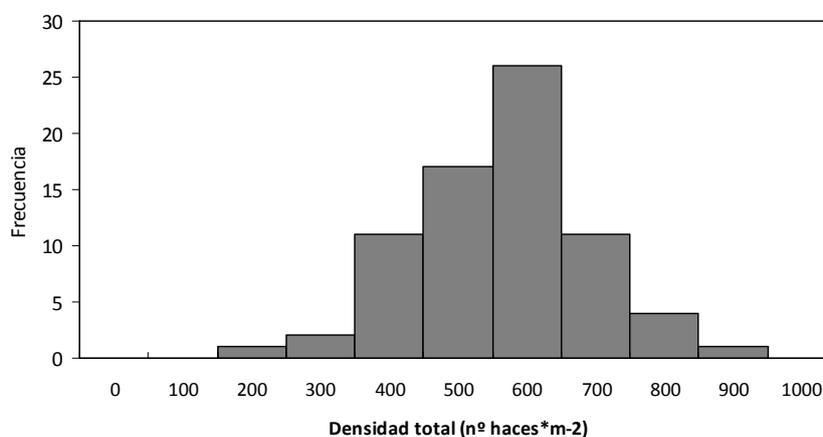


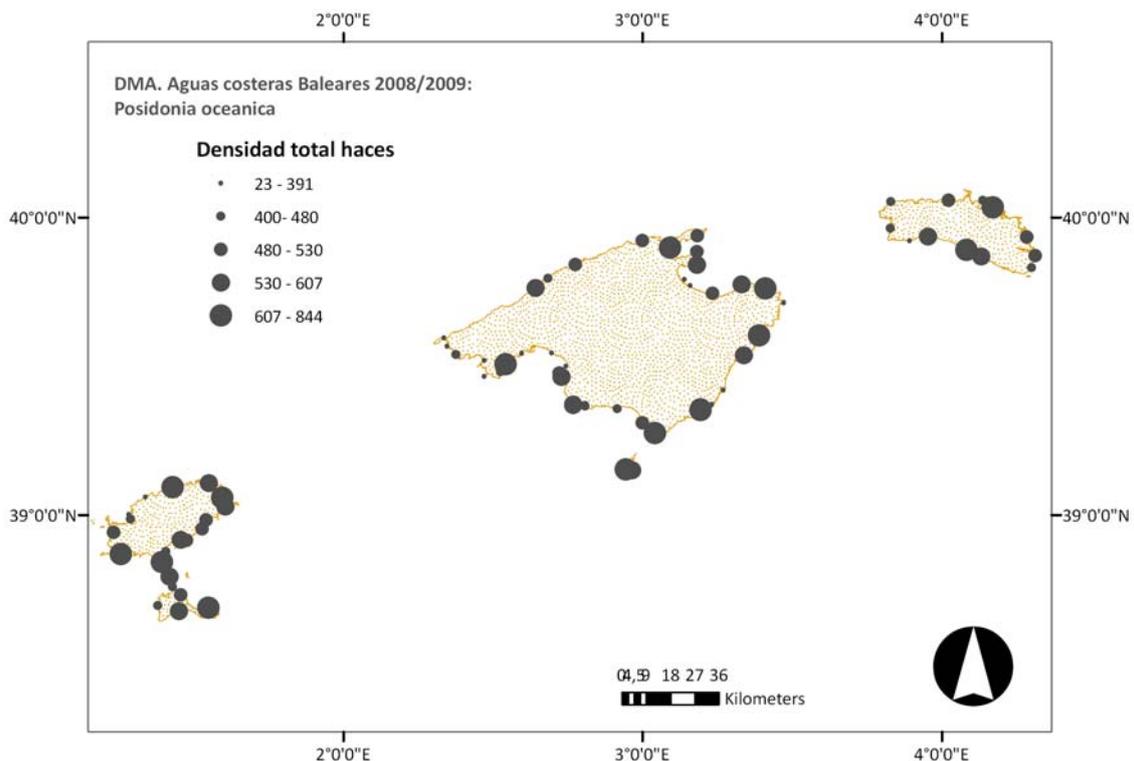
Fig. 12. Cobertura de *Posidonia oceanica* (sola o con otras algas como *C. racemosa* o *C. prolifera*) de las estaciones muestreadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

### 5.1.2. Densidad de rizomas

La densidad total de haces, tanto de rizomas ortótropos como plagiótropos, es muy variable a lo largo de las 73 estaciones muestreadas, tienen una media de haces por metro cuadrado de  $509,36 \pm 14,62$ , con un máximo de 844,00 haces\* $m^{-2}$  en Ses Penyes (ME4B/1), seguido de 785,00 haces\* $m^{-2}$  en Cala Metzoc (MA8/2) y 741,60 haces\* $m^{-2}$  en Cala Millor (MA9A/2). Las praderas con menor densidad total de haces son las de Port d'Alcúdia (MA7/1) con 140,22 haces\* $m^{-2}$ , Illetes de Mallorca (MA16/1) con 242,00 haces\* $m^{-2}$  y 289,20 haces\* $m^{-2}$  en Son Verí (MA15/2), en la Bahía de Palma (Tabla 2a, Fig. 13 y 14).



**Fig. 13.** Histograma de densidad de haces totales de *Posidonia oceanica* (nº de haces\* $m^{-2}$ ) en las estaciones muestreadas.



**Fig. 14.** Densidad de haces de *Posidonia oceanica* de las estaciones muestreadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Respecto a los ápices de los rizomas plagiótopos, el promedio en las praderas muestreadas es de  $28,68 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2} \pm 1,90$ . Las estaciones con mayor número de ápices de rizoma horizontal son Son Serra de Marina (MA7/3) con  $77,60 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2}$ , (Cala Torreta (IB-FO8/2) con  $74,40 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2}$  y Magalluf (MA16/2) con  $65,60 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2}$ . Las estaciones con menor número de ápices por metro cuadrado tenemos Cala Morell (ME1A/1) con  $3,20 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2}$ , Cala Ratjada (MA9A/1) con  $4,00 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2}$  y Santa Ponça (MA2) con  $5,78 \text{ rizomas} \cdot \text{m}^{-2}$ . (Tabla 2a).

La proporción de rizomas plagiótopos de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas representa entre el 0,77 % en Cala Morell (ME1A/1) y el 14,60 % en Son Serra de Marina (MA7/3) (Tabla 2a). El porcentaje de rizomas plagiótopos en las estaciones estudiadas es, en promedio,  $5,67 \pm 0,34$  % del total de haces.

La superficie foliar de los haces verticales de *P. oceanica* se calcularon por el producto entre la longitud foliar y el ancho de las hojas. Es por ello que se detallan solo datos de superficie foliar, los datos de longitud y ancho se pueden consultar en la Tabla 2a. La superficie foliar promedio de las 73 estaciones es de  $216,04 \pm 6,48 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ , con su máximo en les Illes Bledes (ME1A/2) con  $343,03 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ , seguido de Punta des Gat (IB3/2) con  $336,81 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$  y Cap Formentor (MA3B/2) con  $327,85 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ . La estación de menor superficie foliar es Son Serra de Marina (MA7/3) con  $99,51 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ , seguida de Platja des Mitjorn (FO9/2) con  $110,64 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$  y Cala Gamba (MA15/1) con  $115,95 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$  (Tabla 2a, Figura 15)

En el convenio anterior se encontró que el 17 % de la variabilidad en la superficie foliar de los haces de *P. oceanica* observada entre estaciones reflejaba la presencia de una componente estacional, indicando que la necrosis foliar en estas praderas es en realidad senescencia foliar, proceso natural de la vida de las hojas. A partir de otoño comienzan a aparecer hojas nuevas, mientras que las hojas más longevas, envejecidas y cargadas de epífitos, se desprenden masivamente. Para el convenio 2008-2009 se corrigió este error que aumentaba la variabilidad

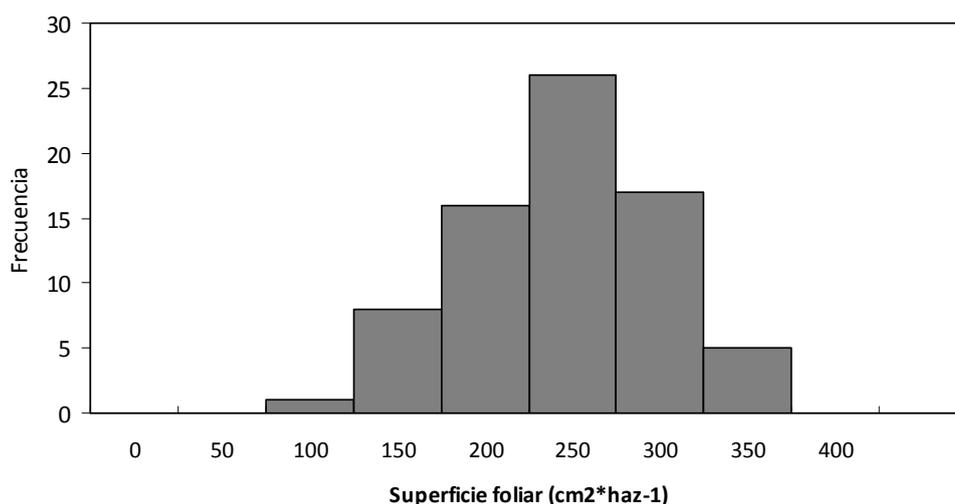
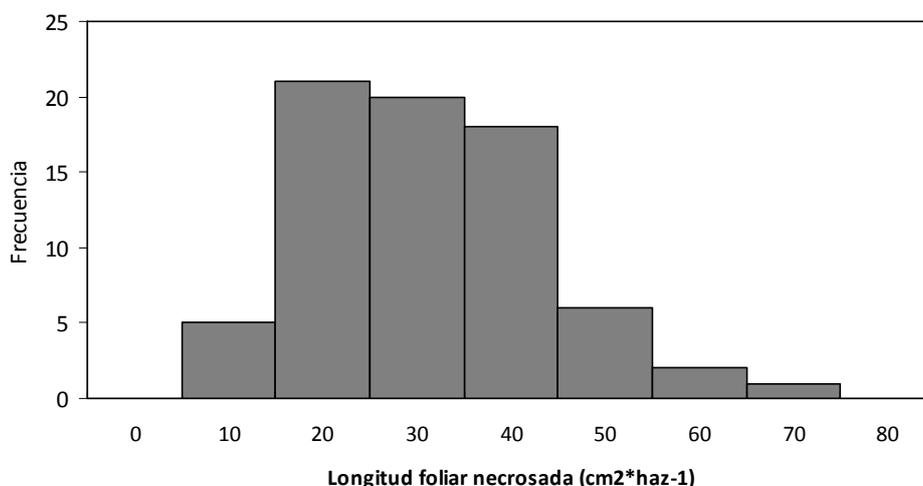


Fig. 15. Histograma de la superficie foliar de haces de *Posidonia oceanica* en las estaciones muestreadas.

de las muestras sobretodo en las variables morfológicas de longitud de hoja, superficie, la longitud foliar necrosada y el número de hojas. En el presente convenio se ha reducido el tiempo de muestreo de 4 a 2 meses.

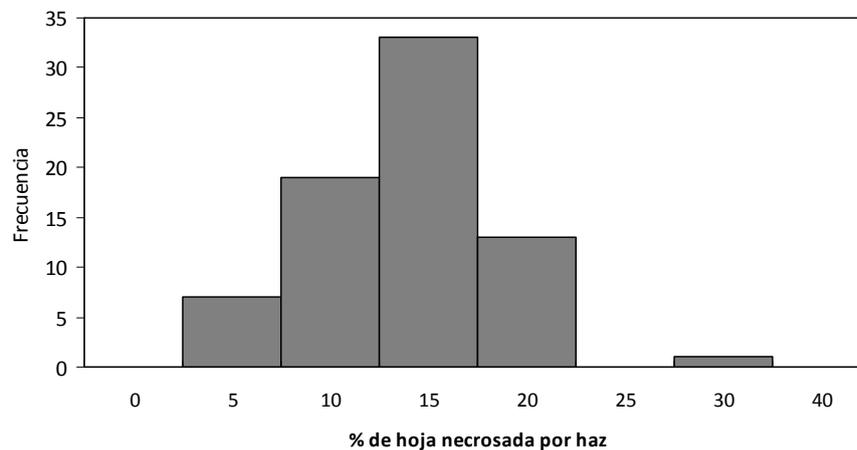
Esta dinámica estacional también se había observado en el grado de necrosis de las hojas (longitud de hoja necrosada en cm) y su proporción respecto a la longitud total de la hoja, para este convenio también se ha conseguido reducir la variabilidad. El promedio de longitud de hoja necrosada es de  $26,65 \pm 1,45 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ . Las estaciones con mayor longitud necrosada han sido Cap Mussons (IB1B/2) con  $60,16 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ , Illes Bledes (ME1A/2) con  $58,48 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ , Punta des Gat (IB3/2) con  $50,87 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$  y las de menor trozo de hoja necrosada Cala Es Grau (ME1B/2) con  $3,37 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$ , Cala Gamba (MA15/1) con  $5,54 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$  y Ses Penyes (ME4B/1) con  $7,75 \text{ cm}^2 \text{ haz}^{-1}$  (Tabla 2a, Figura 16).



**Fig. 16. Histograma de la longitud foliar necrosada por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones muestreadas.**

La relación entre la longitud de hoja necrosada y la longitud total de la hoja varía entre 25,38% en Cap Mussons (IB1B/2) que coincide con la mayor longitud necrosada, seguido de 19,72% en Cap Enderrocat (MA14/2) y 19,41% en Pollença (MA5), aunque estas dos últimas no presentaban valores tan altos de longitud de hoja necrosada. Las menores relaciones entre la hoja necrosada y la total, las encontramos en más Cala Es Grau (ME1B/2) con 1,83%, Ses

Penyes (ME4B/1) con 3,39% y Cala Gamba (MA15/1) con 3,88%. El promedio de esta relación es de  $11,45 \pm 0,54\%$  (Tabla 2a y figura 17), coincidiendo los valores mínimos tanto de longitud foliar necrosada con el % de hoja necrosada por longitud de hoja total; debido al nuevo diseño temporal del muestreo la variabilidad temporal se ha visto reducida.



**Fig. 17. Histograma del porcentaje de hojas necrosadas por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones muestreadas.**

## 5.2. Descriptores químicos: nutrientes (nitrógeno y fósforo) y azufre

En la Tabla 2b y 2c se recogen los resultados del análisis de la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y azufre, así como la abundancia natural del isótopo 15 de nitrógeno y 34 de azufre en tejidos (hojas y rizomas) de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas.

Se han analizado estos elementos en diferentes tejidos de la planta y sus epífitos para cubrir las posibles escalas temporales de cambio. Los rizomas tienen generalmente una vida más larga que las hojas alcanzando a cumplir más de 50 años en algunos casos, por lo que podrán acumular mayor cantidad de nutrientes en sus tejidos. Las hojas, al tener una vida máxima de unos 300 días (Romero, 1989), la cantidad de N almacenada será función del estado del agua en el año anterior. La variación temporal se ha evitado muestreando en agosto y septiembre, ya que cuando las hojas más longevas se desprenden masivamente, las hojas nuevas que nacen van recibiendo, por traslocación, parte de sus nutrientes (Marbà et al. 2002).

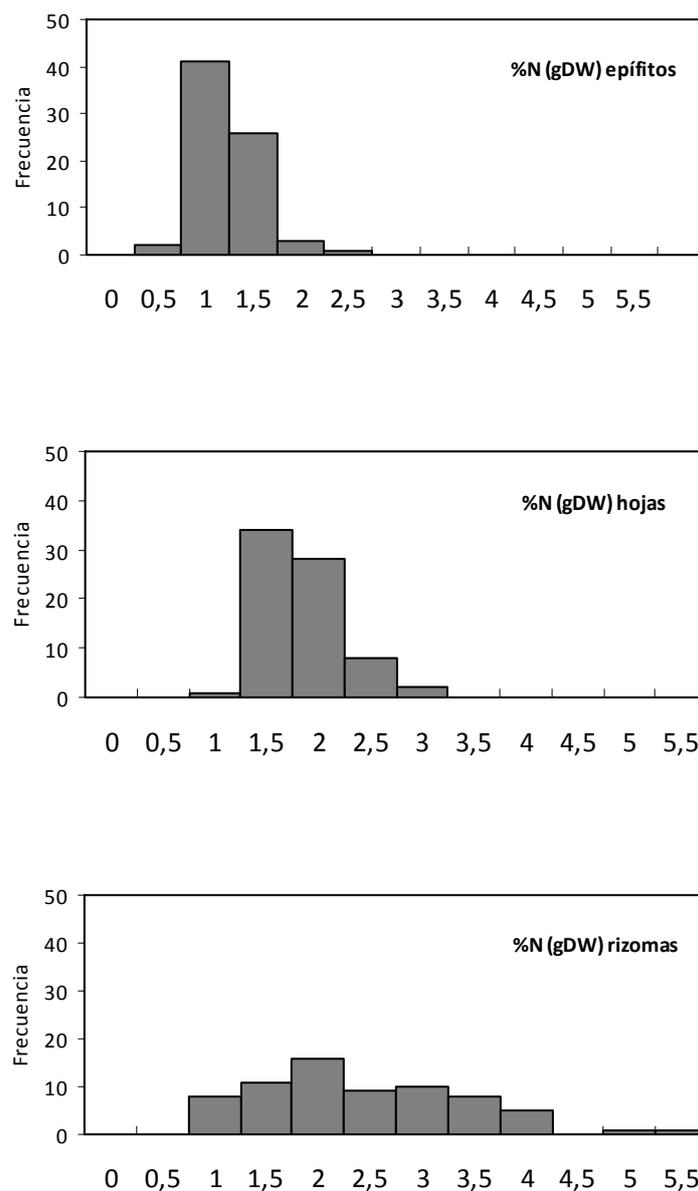
### 5.2.1. Carga de nitrógeno (N) en epífitos, hojas y rizomas y abundancia del isótopo $^{15}\text{N}$ en hojas y rizomas

Se analiza la cantidad de N en los epífitos que recubren las hojas de *P. oceanica* como posible indicador de la cantidad de N disponible en el ambiente. De la misma manera se analiza el contenido en hojas y rizoma.

Para el presente convenio, el promedio de la concentración de N en epífitos foliares las estaciones con mayor Ses Penyes (ME4B/1) 2,20 %N (gDW) y de menor, Punta des Gat (IB3/2) con 0,17 %N (gDW), en comparación con el años pasado se han extendido los rangos tanto superior como inferior, dando un valor promedio de  $0,96 \pm 0,04$  %N (gDW) (Tabla 2b). La cantidad de N en epífitos se ha encontrado mucho menor que en las hojas de habitan como se puede observar en la figura 18.

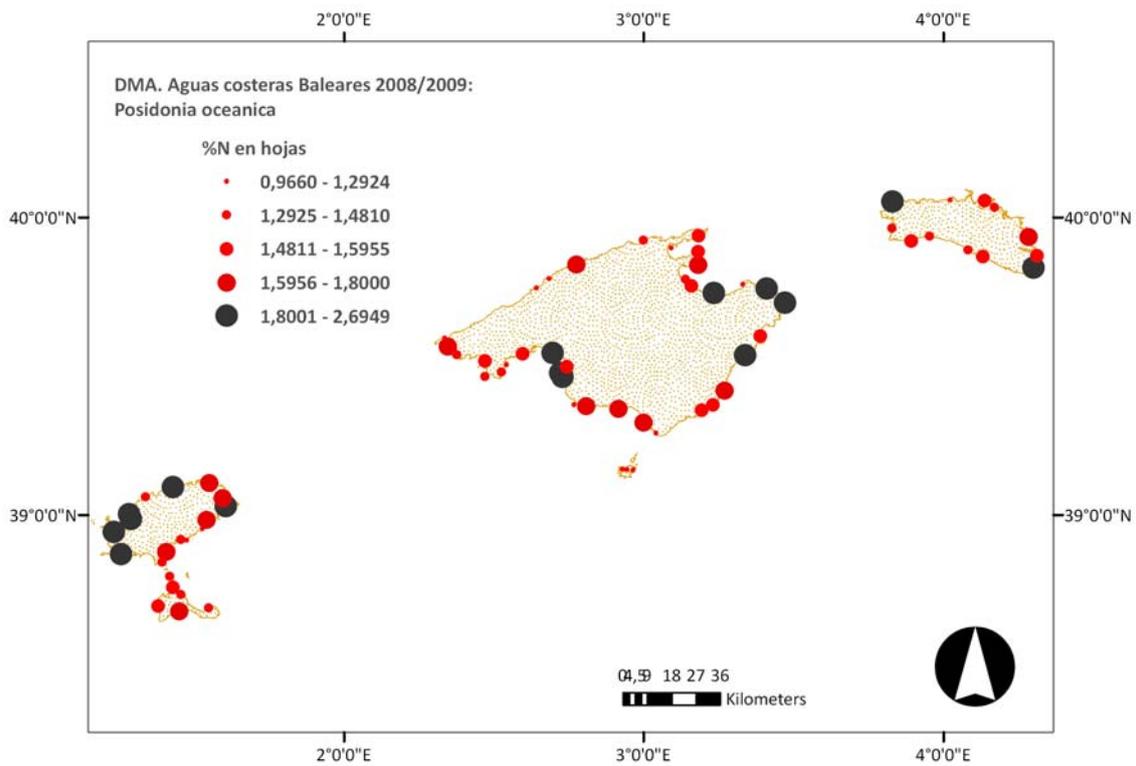
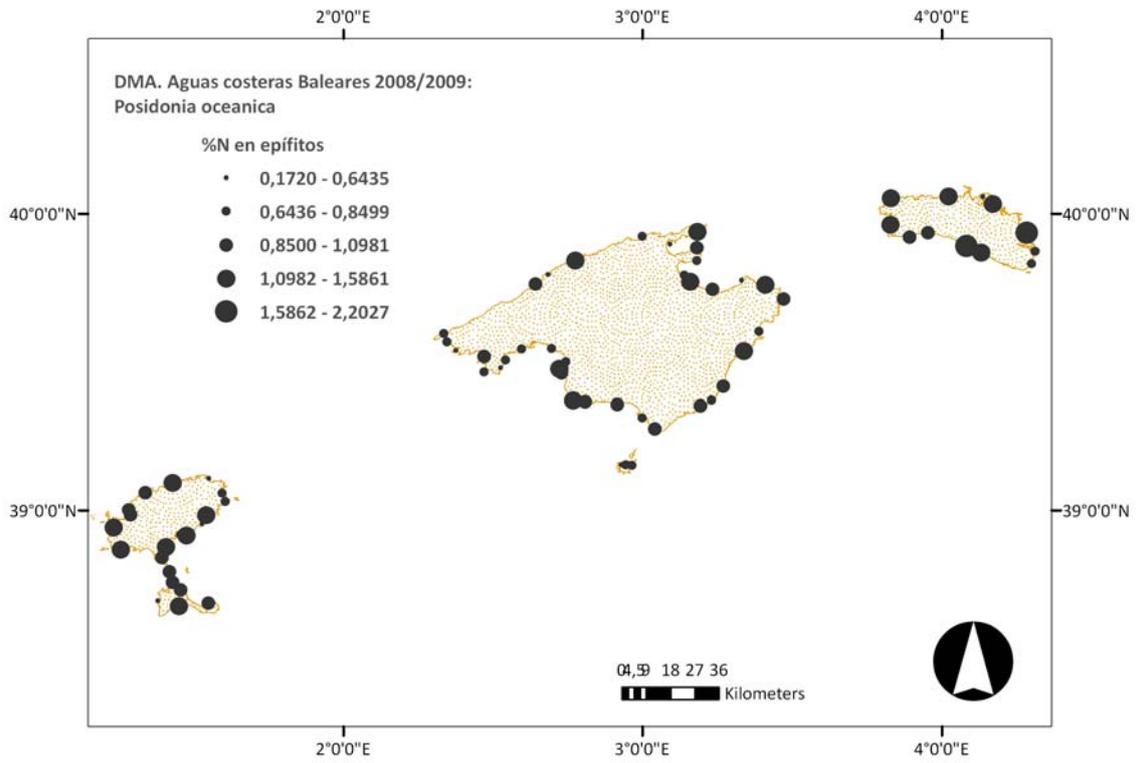
La concentración de nitrógeno en hojas de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas tiene su mínimo en Port de Sóller (MA4) con 0,97 %N (gDW) y su valor máximo en Cala Matzoc (MA8/2) con 2,69 %N (gDW), siendo el promedio  $1,59 \pm 0,04$  %N (gDW) (Tabla 2b, Figura 18).

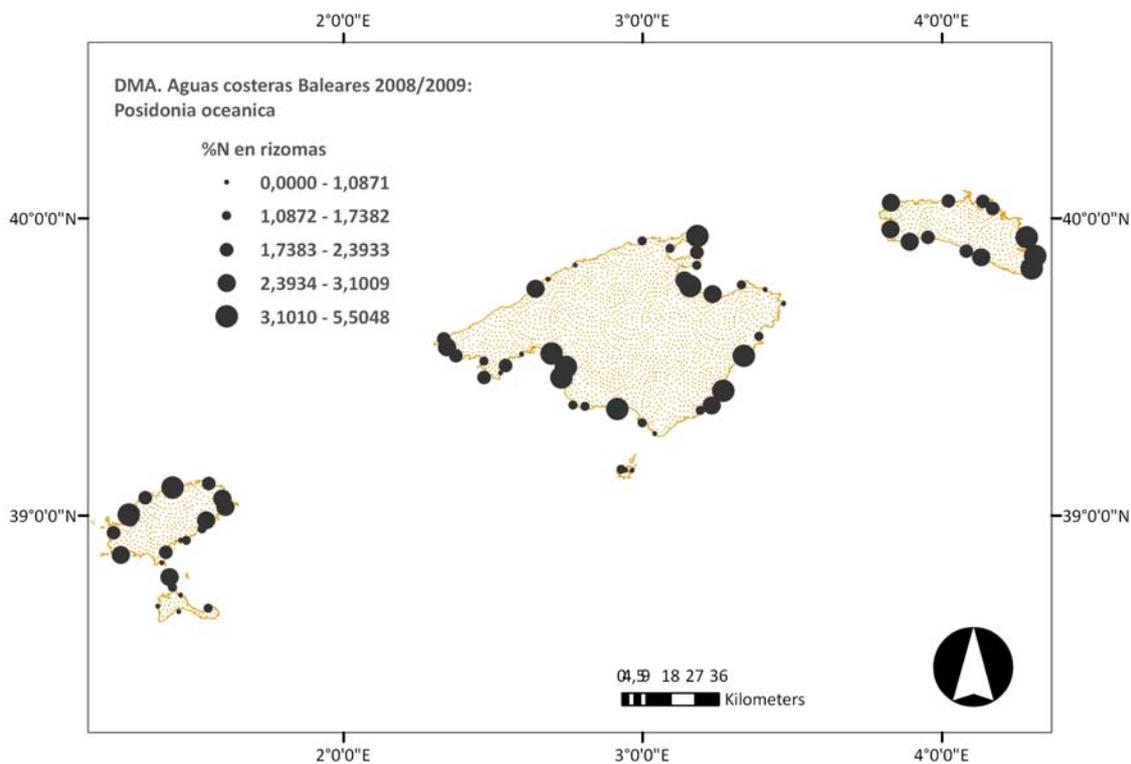
La cantidad de N en el rizoma en porcentaje de peso seco en los ápices de los rizomas plagiótropos varía casi de un orden de magnitud -este comportamiento también se observó para el período 2005-2006-. La estación con menor cantidad de N en rizomas en S'Olla (Cabrera) (MA12/3) con 0,57 %N (gDW) y la mayor se encuentra en S'Estanyol (MA11/3) con 5,47 %N (gDW), el promedio de todas la estaciones de Baleares es de  $2,18 \pm 0,13$  %N (gDW) (Tabla 2b, Figura 18).



**Fig. 18. Histograma de concentración de nitrógeno (en porcentaje de peso seco de planta) en epífitos, hojas y rizomas de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas.**

En un 80% de las estaciones, las concentración de nitrógeno en hojas de *P. oceanica* es inferior al 1.8 %N (gDW) (Duarte 1990), umbral que sugiere un posible déficit de N para el crecimiento de la planta (puntos rojos de la Fig. 19). Ello refleja bajas concentraciones ambientales de nitrógeno en gran parte del Archipiélago Balear al que *Posidonia oceanica* parece estar adaptada. (Tabla 2b, Fig. 19).





**Fig. 19. Concentración de nitrógeno (en porcentaje de peso seco de planta) en epifitos, hojas y rizomas de *P. oceanica* en las estaciones de Baleares estudiadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores. En el mapa de la cantidad de N en las hojas, los puntos en rojo indican % N [gDW] inferiores a 1,8 % N, umbral de posible déficit de este nutriente.**

La abundancia del isótopo  $^{15}\text{N}$  en hojas y rizomas es un descriptor que puede indicar el origen del nitrógeno que forma parte de los tejidos de *Posidonia oceanica*. La señal isotópica del nitrógeno atmosférico es cercano al 0, por lo que los tejidos de plantas con nitrógeno de señal isotópica cercana a 0, significa que han adquirido ese nitrógeno por fijación de  $\text{N}_2$  atmosférico. En hojas, el promedio de la abundancia del isótopo 15 de nitrógeno es de  $3,89 \pm 0,18$  ‰. El máximo lo encontramos en Cala Gamba con 8,28 ‰ (MA15/1), seguido de Son Serra de Marina (MA7/3) con 6,92 ‰ y en Cala D'Or (MA10/1) con 6,85 ‰ y los mínimos se encuentran todos en Ibiza, la estación con menor abundancia de este isótopo es Cap Mussos (IB1B/2) con 1,05 ‰, seguido de Punta des Gat (IB3/2) con 1,58 ‰ y Punta d'en Valls (IB4/1) con 1,72 ‰ (Tabla 2b, Figura 20 y 21).

En rizomas, el promedio de la abundancia del isótopo 15 de nitrógeno es de  $4,69 \pm 0,21$  ‰, ligeramente superior al promedio obtenido para el periodo 2005-2006 era de 3,8 ‰. El valor

máximo en los rizomas se encuentran todos en la isla de Mallorca, Can Picafort (MA7/2) con 10,28 ‰, Cala Gamba (MA15/1) con 8,91 ‰ y Port d'Alcúdia (MA7/1) con 8,75 ‰. Los valores menores se encuentran en Punta de Sa Creu (FO10) con 2,26 ‰, Cap Pinar (MA6/1) con 2,28 ‰ y Cap Mussons (IB1B/2) con 2,39 ‰ (Tabla 2b, Figura 20 y 21).

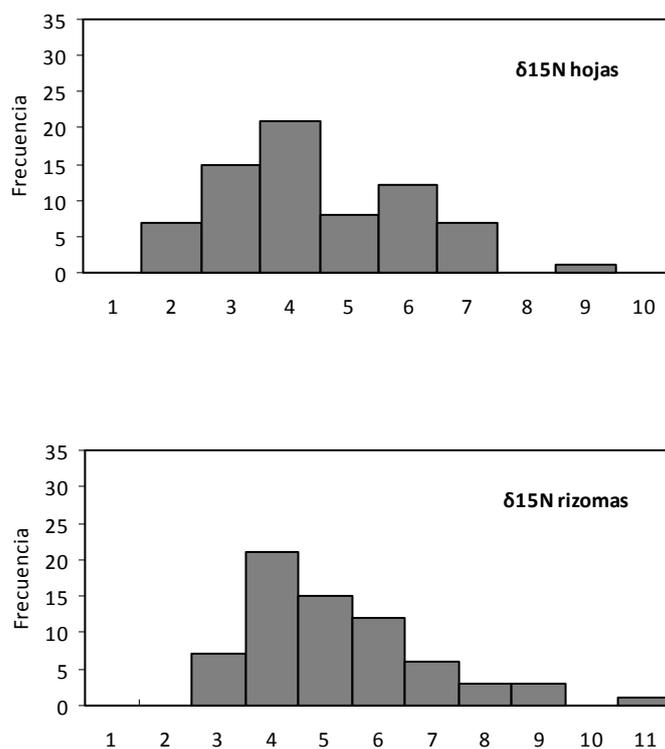


Figura 20. Histograma de la abundancia del isótopo  $^{15}\text{N}$  para los tejidos de *P. oceanica*

En los rizomas se observa una importante concentración de  $^{15}\text{N}$  en las praderas cercanas a los puertos de Sant Antoni, Santa Eulalia (en Ibiza); Port d'Alcúdia, Palma, Portocolom, Cala d'Or (en Mallorca) y Cala Galdana (en Menorca) (Fig. 21). La distribución de la abundancia de este isótopo para las hojas es más heterogénea en el espacio.

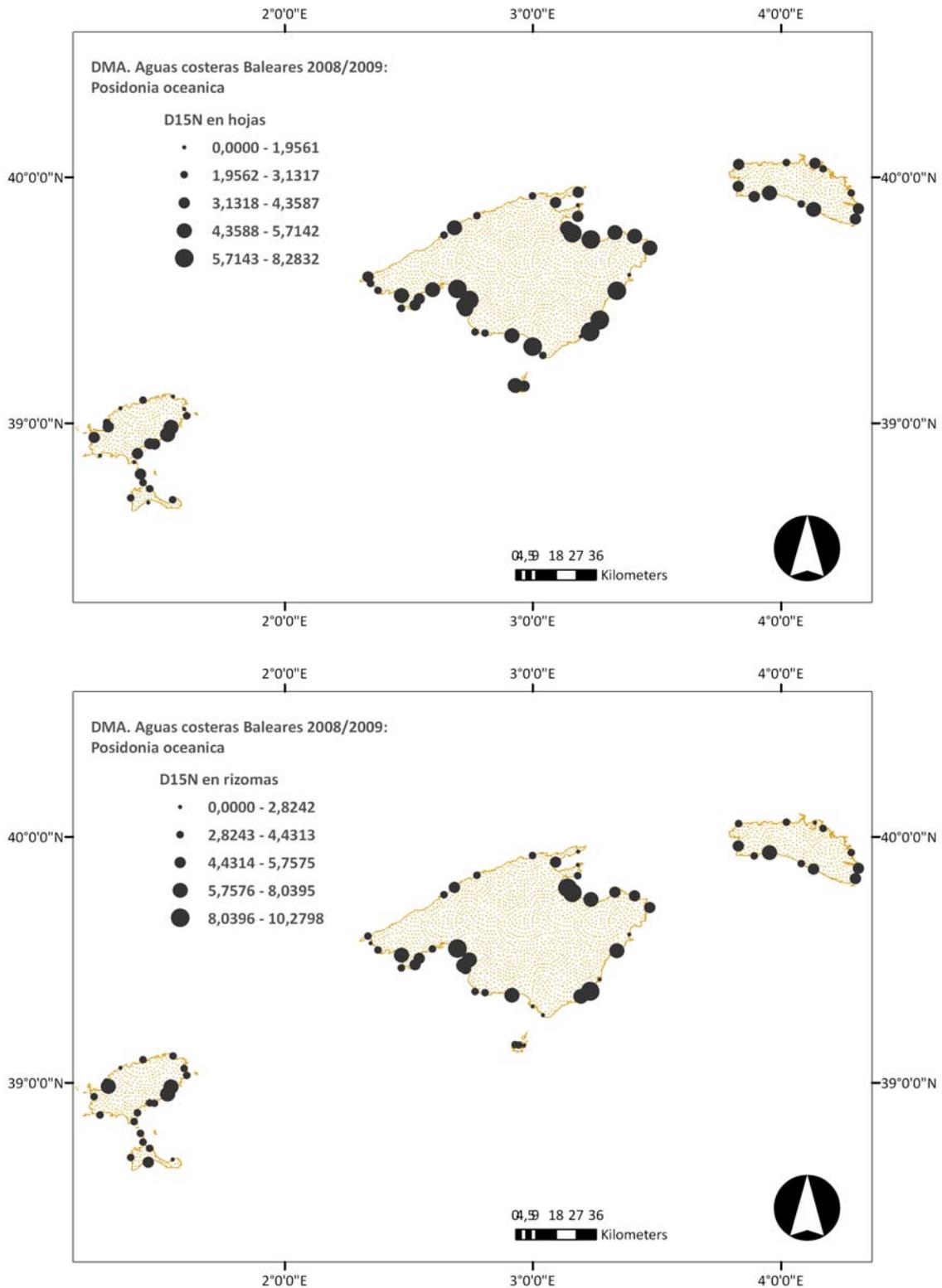
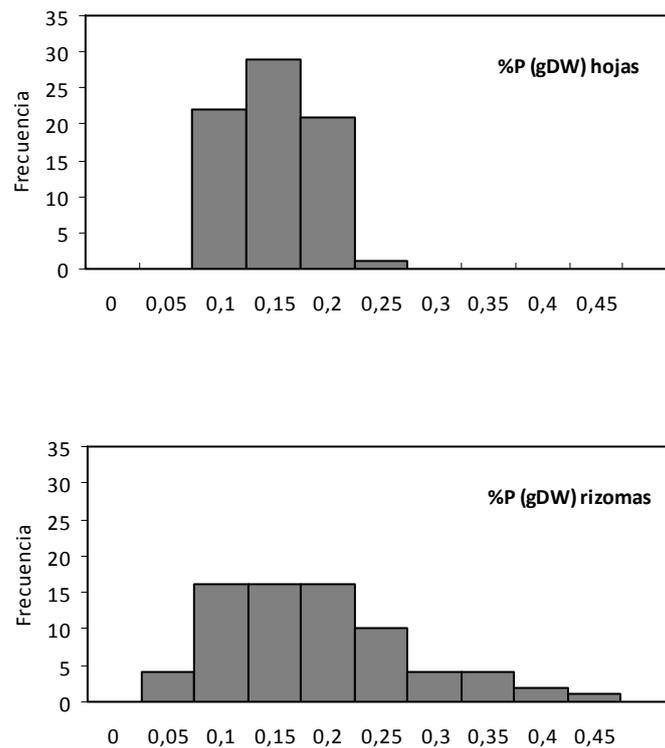


Figura 21. Mapa de  $\delta^{15}\text{N}$  encontradas en las estaciones de la Islas Baleares en hojas (mapa superior) y rizomas (mapa inferior) de *P. oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

### 5.2.2. Carga de fósforo (P) en hojas y rizomas

El promedio de la carga de fósforo en las hojas de *Posidonia oceanica* en las estaciones muestreadas de las Islas Baleares es de  $0,13 \pm 0,01$  %P (gDW) y se encuentra por debajo de al umbral de cantidad de fósforo necesario para un crecimiento óptimo de la planta (Duarte, 1990). 77 estaciones de 78 presentan esta deficiencia, muchas más en comparación con el período de estudio 2005-2006, de las cuales un 76% estaban por debajo de este umbral. Una vez más estas bajas concentraciones de nutrientes ponen de manifiesto la baja concentración de fósforo ambiental por la oligotrofia de las aguas baleares. (Tabla 2b, Fig 22). La menor concentración de P en las hojas se encuentra en aguas de Mallorca y Menorca, la mínima es Can Picafort (MA7/2) con 0,07 %P (gDW), seguida de Cala Galdana (ME4B/2) con 0,07 %P (gDW) y Colonia Sant Jordi (MA11/2) con 0,07 %P (gDW). Las 3 estaciones con mayor concentración se localizan todas en el archipiélago pitiuso, la máxima en Punta Rasa (FO9/1) 0,22 %P (gDW), Cap Llentrisca (IB1A/1) 0,20 %P (gDW) y Punta de Sa Creu (FO10) con 0,20 %P (gDW) (Tabla 2b, Fig 22).

La concentración de fósforo encontrada en los rizomas de *P. oceanica* es mucho más variable entre estaciones que la concentración  $0,17 \pm 0,01$  %P (gDW) (Tabla 2b, Fig. 22), con valores que diferían casi un orden de magnitud. Las menores concentraciones de fósforo en porcentaje de peso seco en estaciones de las Islas Baleares son, una vez más la Colonia Sant Jordi (MA11/2) con 0,03 %P (gDW), seguido de Santa Maria (Cabrera) (MA12/2) con 0,04 %P (gDW) y Cala D'Or (MA10/1) con 0,04 %P (gDW). Las dos de mayor concentración de fósforo en hojas coinciden en Ibiza, como en el caso de las hojas, Cap Llentrisca (IB1A/1) 0,42 %P (gDW), seguido de Cap Negret (IB1B/1) 0,39 %P (gDW), en masas de aguas contiguas y la tercera estación con mayor concentración es Cap Formentor (MA3B/2) con 0,39 %P (gDW) (Tabla 2b, Fig. 22).



**Fig. 22. Histograma de la concentración de fósforo (en porcentaje de peso seco de planta) en hojas (a) y rizomas (b) de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas.**

En general, la concentración de fósforo en hojas y rizomas de las praderas de *P. oceanica* estudiadas en el archipiélago pitiuso son superiores a la media Balear (Fig.23)

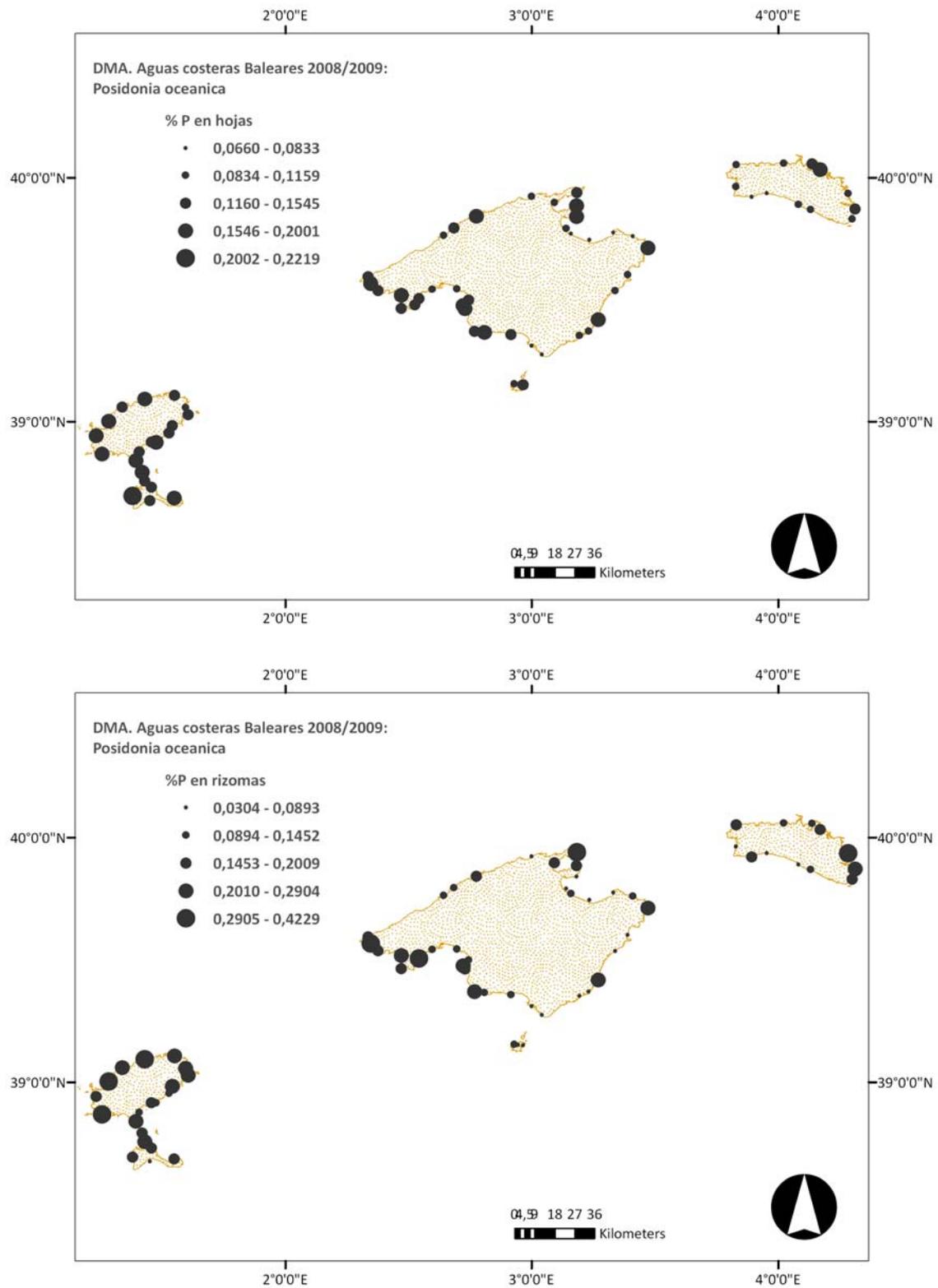
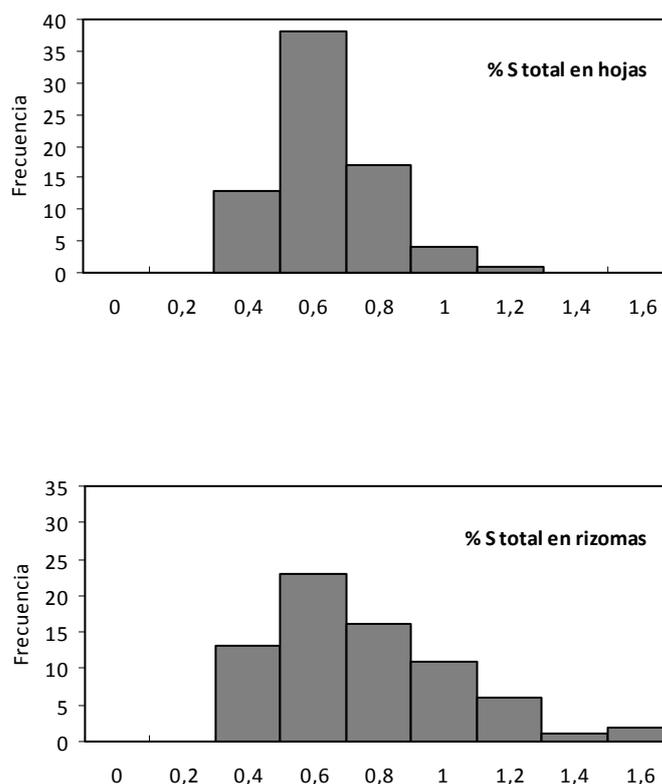


Fig. 23. Concentración de fósforo (en porcentaje de peso seco de planta) en hojas (mapa superior) y rizomas (mapa inferior) de *P. oceanica* en las estaciones de Baleares estudiadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

### 5.2.3 Carga Azufre total (S) en hojas y rizomas y abundancia del isótopo $^{34}\text{S}$

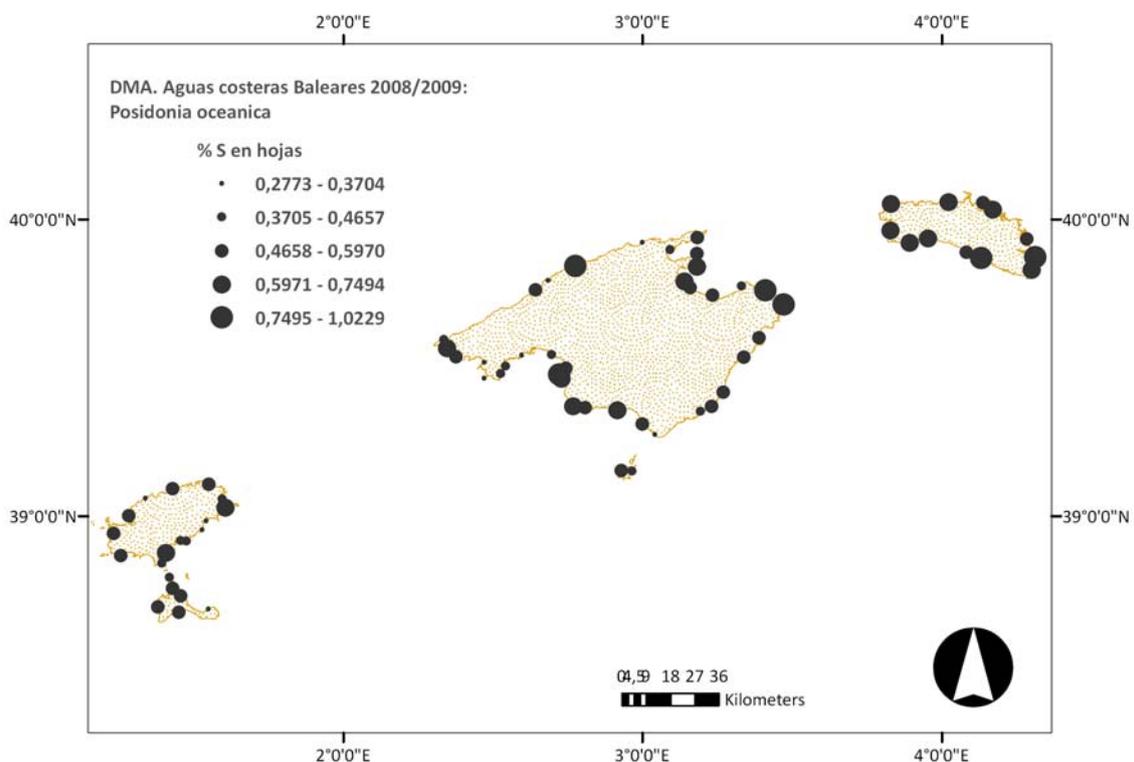
En la Tabla 2c compilan los resultados de la concentración de azufre total y abundancia isotópica  $^{34}\text{S}$  en rizomas de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas en Baleares. El promedio de la concentración de azufre en hojas es de  $0,51 \pm 0,02$  % de peso seco (DW). Los valores máximos se localizan todos en la isla de Mallorca: Cala Ratjada (MA9A/1) 1,02 %DW, con la mayor concentración, seguido de Cap Enderrocat (MA14/2) con 0,96 %DW y Cala Tuent (MA3B/1) con 0,84 % DW. Las estaciones con mínimos de azufre elemental en hojas son Illa de Formentor (MA3B/3) con 0,28 % DW, Port de Sóller (MA4) con 0,30 % DW y Cala Llonga (IB6/1) con 0,30 % DW. (Fig. 24, Tabla 2c).

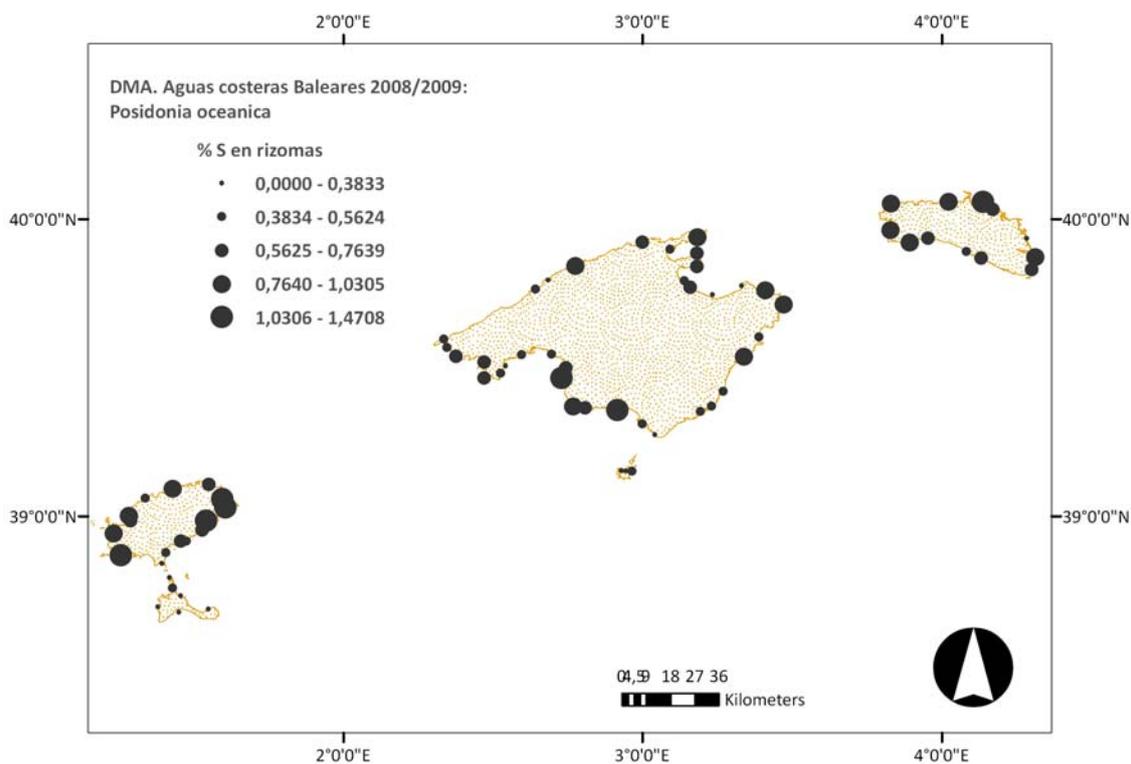


**Fig 24. Histograma de la concentración de Azufre elemental en los tejidos (hojas y rizomas) de *P.oceanica*.**

En rizomas la concentración de S elemental es más variable a lo largo de las 73 estaciones de muestreo, siendo el máximo en Cala Llentrisca (IB1A/1) con 1,47 % DW, Hotel Delta (MA14/1) con 1,46 % DW, Cala Llenya (IB4/2) con 1,24 % DW. En el sentido contrario, la menor concentración de S elemental en rizomas se encuentra en la Illa de Cabrera, Santa Maria (MA12/2) con 0,30 % DW, seguida por Es Caló (MA8/1) con 0,30 % DW y Es Pujols (IB-FO8/4) con 0,30 % DW (Fig. 24, Tabla 2c). El valor promedio de S elemental en rizomas es ligeramente superior al de las hojas,  $0,62 \pm 0,03$  % DW.

Los rizomas y hojas de las praderas de Menorca presentan valores altos de azufre elemental en la mayoría de los casos. La concentración de azufre elemental en los rizomas de las praderas de Formentera es considerablemente más bajo al compararlo con los de las praderas vecinas de Ibiza. En Mallorca se observa una relativa variabilidad entre regiones (Fig. 25).





**Fig. 25. Concentración de azufre elemental (en porcentaje de peso seco de planta) en hojas (mapa superior) y rizomas (mapa inferior) de *P. oceanica* en las estaciones de Baleares estudiadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.**

En cuanto a la abundancia isotópica de  $^{34}\text{S}$  en las hojas de *P. oceanica*, medida como  $\delta^{34}\text{S}$ , el promedio es de  $20,20 \pm 0,16$  ‰, con máximos, todos ellos zona este de la Isla de Mallorca, empezando por la Bahía de Alcudia, Son Serra de Marina (MA7/3) con 23,91 ‰, Porto Cristo (MA9B/1) 23,15 ‰ y Cala Ratjada (MA9A/1) con 22,98 ‰. Los valores menores del isótopo 34 de azufre se encuentran en la Platja de Ses Salines (IB-FO8/1) con 16,81 ‰, S'Olla (Cabrera) (MA12/3) con 17,29 ‰ y en Magalluf (MA16/2) con 17,89 ‰ (Tabla 2c, Figura 26).

Los rizomas de *P. coenica* presentan una media ligeramente inferior a las hojas de  $19,72 \pm 0,31$  ‰ y con mayor variabilidad entre estaciones. Las estaciones con mayor concentración del isótopo 34 de azufre son Dragonera (MA3A/1) con 26,87 ‰, Punta Galinda (MA1B/2) con 25,64 ‰ y Colonia Sant Jordi (MA11/2) con 24,26 ‰. Las estaciones con mínimos del isótopo  $^{34}\text{S}$  son, Platja de Ses Salines (IB-FO8/1) con 10,83 ‰ –que coincide con el mínimo valor en

hojas-, Cala Millor (MA9A/2) con 12,05 ‰ y Punta Rasa (FO9/1) con 14,63 ‰ (Tabla 2c, Figura 26).

*Posidonia oceanica* es especialmente sensible a la intrusión de ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) desde el sedimento, la medida de la abundancia del isótopo  $^{34}S$  sobre el isótopo  $^{32}S$  da una idea de la magnitud de la intrusión de  $H_2S$ . Valores por debajo de 19 o 20 ‰ de  $^{34}S$  en hojas indican que no hay intrusión y que por lo tanto la planta no está en peligro por esta sustancia. Para el período 2008-2009 solo un 18 % de la estaciones presentan valores de  $\delta^{34}S$  inferiores a este umbral, a diferencia del 60 % de las estaciones de *P. oceanica* estudiadas en el periodo 2005-2006.

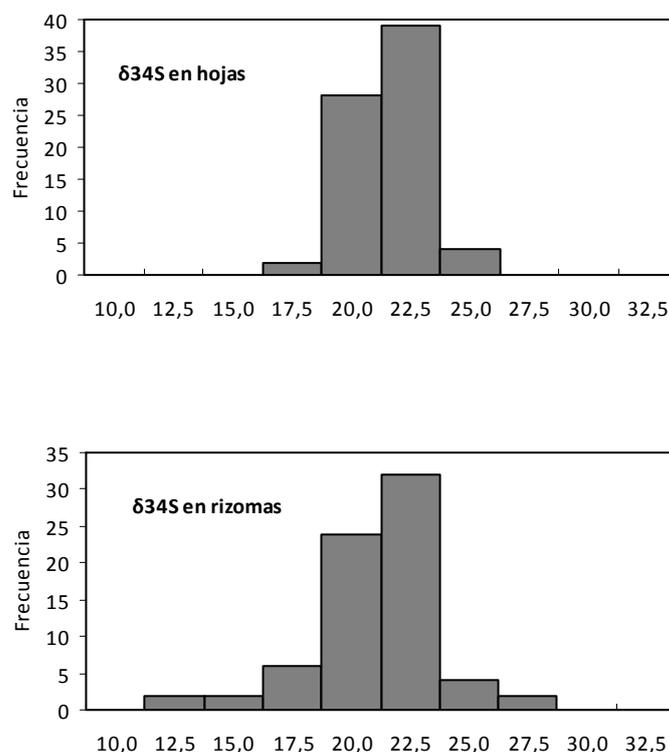


Fig. 26. Histograma de  $\delta^{34}S$  en hojas y rizomas de *P. oceanica* en las estaciones estudiadas.

Las menores concentraciones del isótopo  $^{34}S$  azufre se encuentran en la isla de Formentera, en las estaciones cerca de la punta de Cala Figuera y en la zona de la Tramuntana (Mallorca) (Fig. 27)

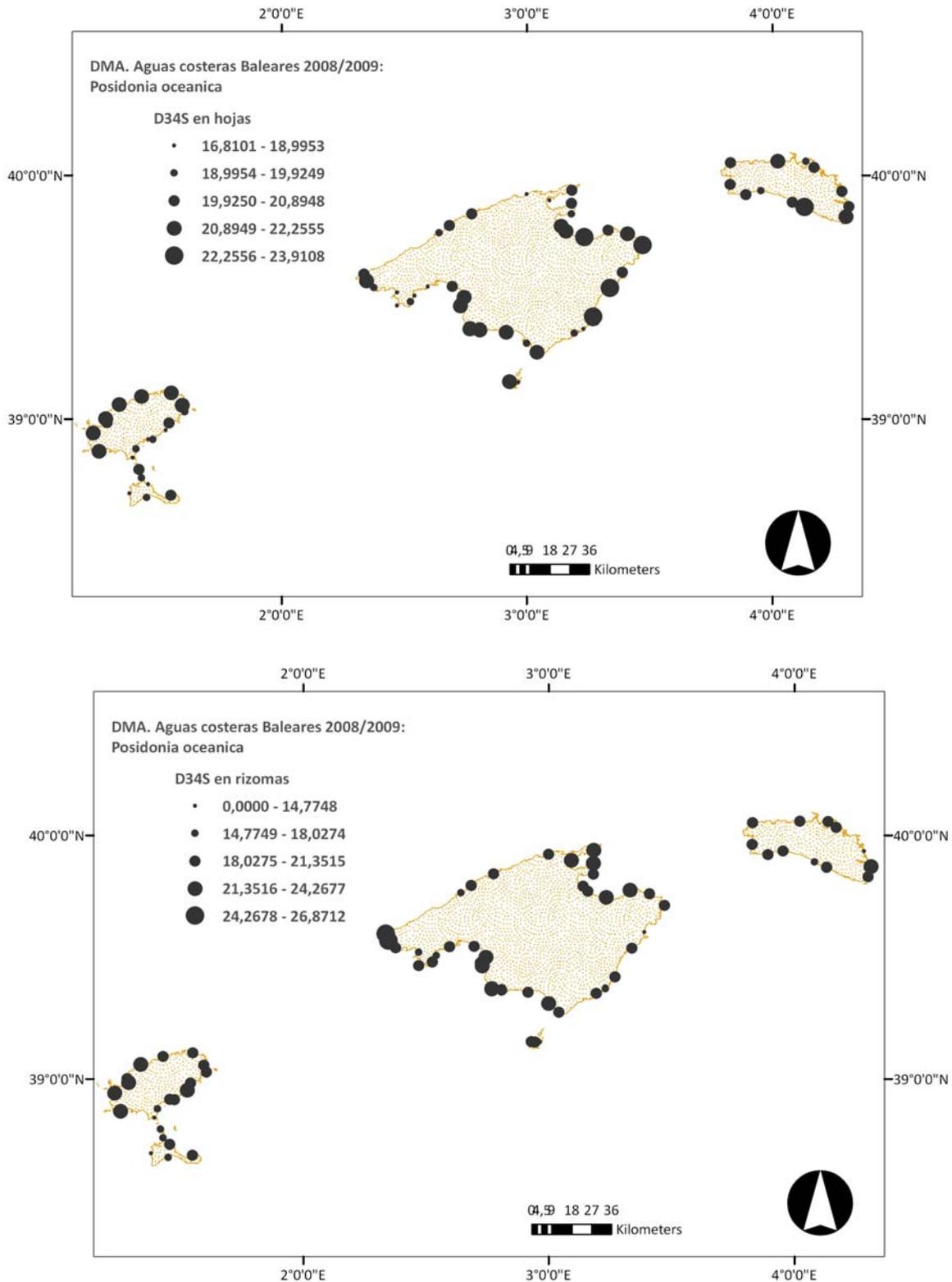
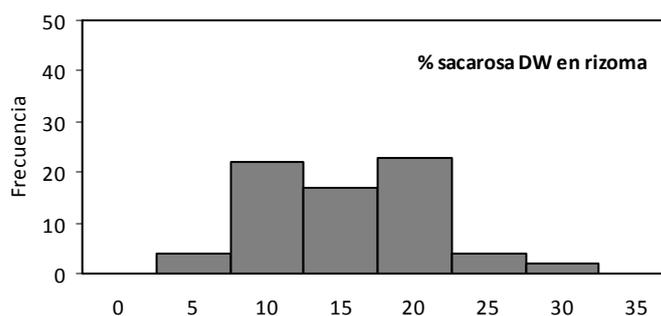


Fig. 27. Mapa de  $\delta^{34}\text{S}$  azufre en hojas (mapa superior) y rizomas (mapa inferior) de *P. oceanica* en las estaciones de Baleares estudiadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

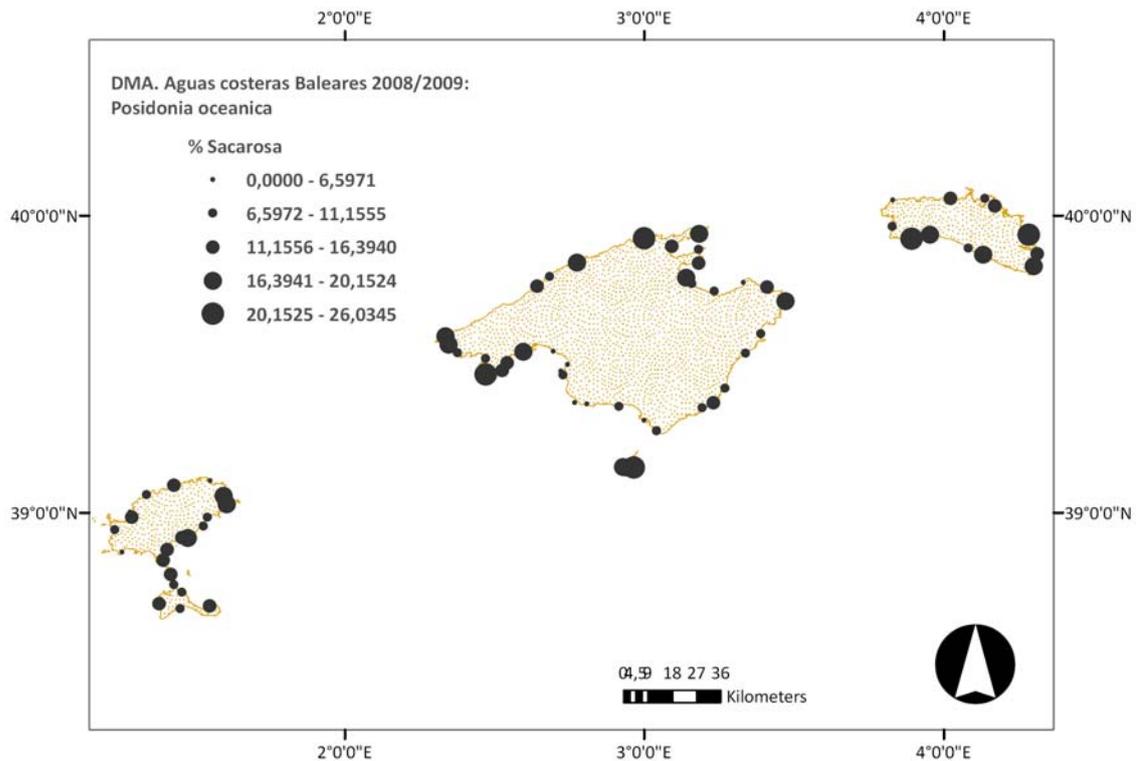
### 5.3. Descriptores fisiológicos. Carbohidratos no estructurales: sacarosa y almidón

Los valores de carbohidratos no estructurales (sacarosa y almidón) en rizomas de *P. oceanica* de las estaciones estudiadas se compilan en la Tabla 2c. El valor promedio para la sacarosa en las estaciones de las Islas Baleares es de  $13,09 \pm 0,65$  % sacarosa (gDW), se observa una gran variabilidad entre estaciones (aunque en menor medida que el periodo anterior donde el % sacarosa (gDW) en rizomas variaba entre 3.86 y 35.10), desde un máximo de 26,03 % sacarosa (gDW) en S'Olla (Cabrera) (MA12/3), seguida por S'Arenal de Son Saura (ME5/1) con 25,96 % sacarosa (gDW) y Illa de Formentor (MA3B/3) con 22,99 % sacarosa (gDW). Las estaciones con menor cantidad de sacarosa por gramo de peso seco de rizoma vertical son Colonia Sant Jordi (MA11/2) con 2,86 % sacarosa (gDW), seguido de Cala Gamba (MA15/1) con 3,27 % sacarosa (gDW) y Cap Llentrisca (IB1A/1) con 4,20 % sacarosa (gDW) (Tabla 2c, Figura 28).



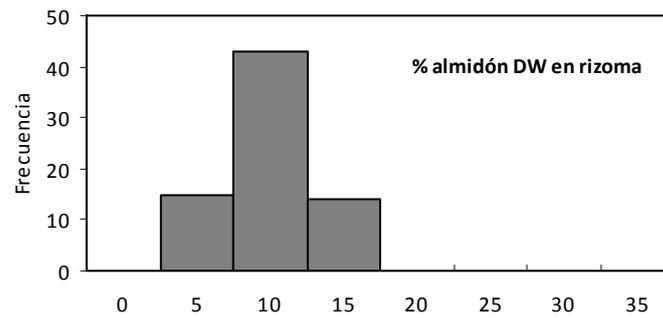
**Fig. 28.** Histograma de la concentración de sacarosa por peso seco de rizoma de *P. oceanica*.

Los valores de % de sacarosa en rizomas presentan una gran variabilidad espacial, aunque se comportan de manera similar en lagunas regiones como el Sur de la isla de Mallorca –a excepción de las estaciones de Cabrera- y el NE de la isla de Ibiza (Fig. 29).



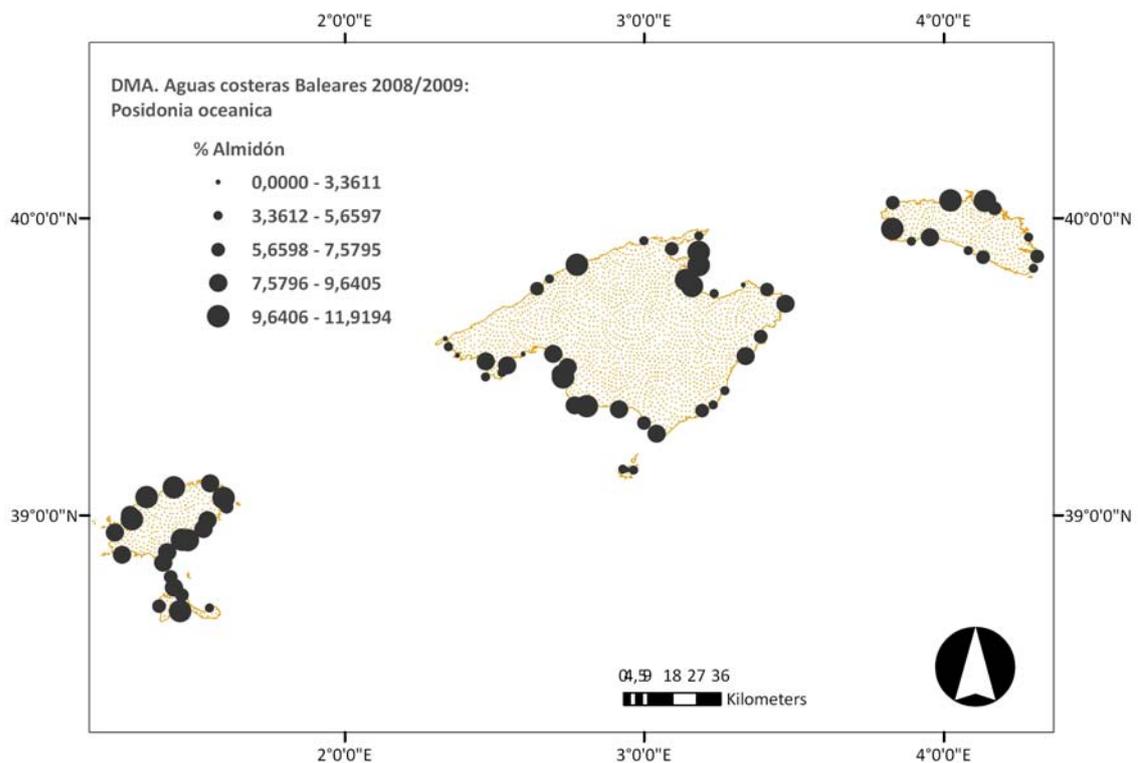
**Fig. 29. Mapa de distribución de la concentración de sacarosa en los rizomas verticales de las praderas de *P. oceanica* estudiadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores**

El almidón en los rizomas de las praderas de *P. oceanica* de las islas Baleares tiene un valor promedio de  $7,62 \pm 0,29$  % almidón (gDW). Presenta un máximo a 11,92 % almidón (gDW) en Cap Blanc (MA13/1), seguido por dos estaciones en la isla de Ibiza, Talamanca (IB7/1) con 11,66 % almidón (gDW) y Cap Mussons (IB1B/2) con 11,38 % almidón (gDW). El valor mínimo se encuentra en Santa Maria (Cabrera) (MA12/2) con 1,98 % almidón (gDW), seguido de Cala Marmacén (MA1B/1) con 2,50 % almidón (gDW) y Dragonera (MA3A/1) con 3,19 % almidón (gDW) (Tabla 2c, Figura 30). Estos valores son en general inferiores a los obtenidos para el período 2005-2006, pero siempre superiores a los valores medios de otras localidades en el Mediterráneo para *P. oceanica*.



**Fig. 30. Histograma de la concentración de almidón por peso seco de rizoma de *P. oceanica*.**

Las estaciones de la isla de Ibiza presentan, de manera generalizada, altos valores de almidón en los tejidos de la planta, también en la zona NE de la Bahía de Alcúdia, la zona de Cap Blanc y algunas estaciones del NE de Menorca (Fig. 31)



**Fig. 31 Mapa de distribución de la concentración de almidón en los rizomas verticales de las praderas de *P. oceanica* estudiadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores**

#### 5.4. Descriptores demográficos

La tasa anual de mortalidad específica de haces que han experimentado las praderas de *P. oceanica* en las masas de agua estudiadas entre los años 2007 y 2009, ocasionalmente hasta 2010, varía entre  $0.02 \text{ año}^{-1}$  (Illetes, Formentera) y  $0.53 \text{ año}^{-1}$  (Cala Torreta, Formentera) (Tabla 3).

La mayoría de praderas estudiadas han experimentado tasas específicas de mortalidad de haces superiores a  $0.10 \text{ año}^{-1}$  (Tabla 3). La tasa anual de reclutamiento de haces durante el periodo de estudio en estas praderas varía entre  $0 \text{ año}^{-1}$  (Cala d'Or, Mallorca, Cala Santa Maria, Cabrera) y  $0.32 \text{ año}^{-1}$  (Pollença, Mallorca, Tabla 3). La mayor tasa de reclutamiento se detecta en la pradera de Pollença que ha sufrido fuertes pérdidas de abundancia hasta el año 2007. En la mayoría, el 66% de praderas estudiadas, la tasa de reclutamiento ha sido insuficiente para compensar las fuertes pérdidas por mortalidad, y estas han sufrido una pérdida neta de abundancia de haces durante el periodo estudiado (Tabla 3, Fig. 32). Durante el periodo estudiado, la tasa de declive en abundancia de haces ha sido superior a  $0.14 \text{ año}^{-1}$  en el 33 % de las praderas estudiadas, lo que indica que, si estas tasas de declive se mantienen, la abundancia de haces actual en estas praderas disminuiría a la mitad dentro de entre 3 y 6 años.

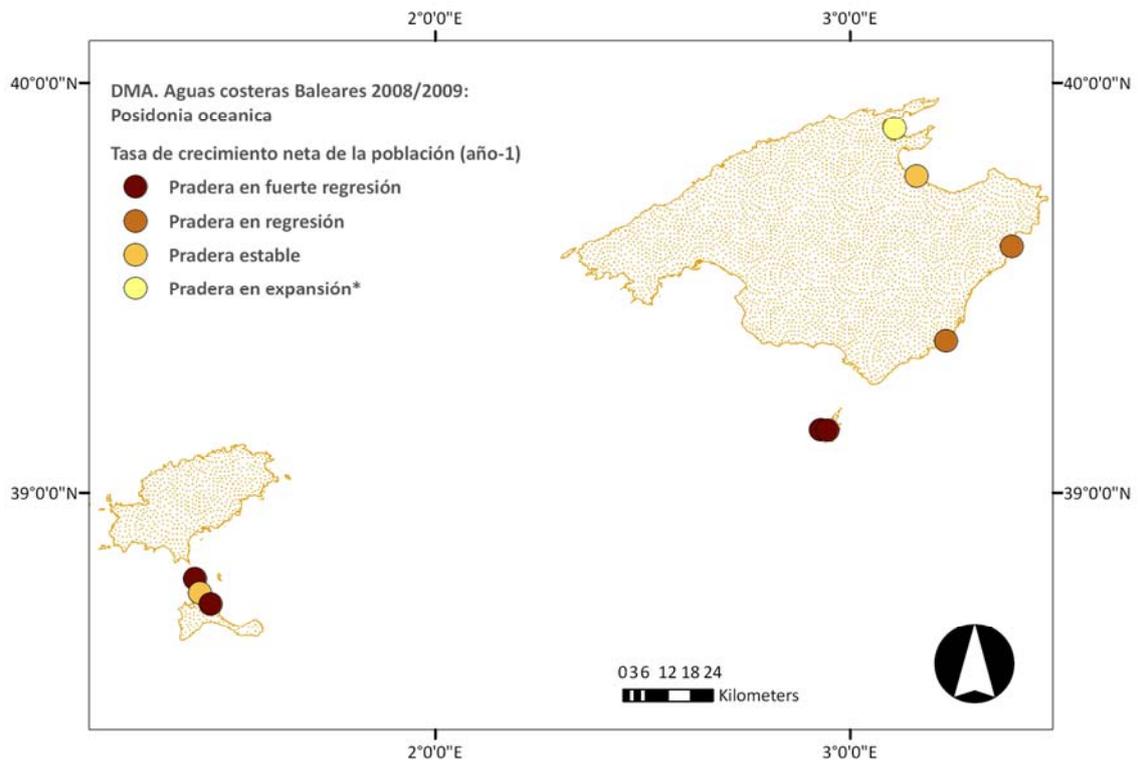


Fig. 32. Mapa de las tasas de crecimiento netas de la población (año-1) en las localidades con parcelas permanentes

**Tabla 2a. Promedio y error estándar de los descriptores estructurales (cobertura de Posidonia, densidad de ápices de rizomas plagiotropos, densidad de rizomas totales, porcentaje de rizomas plagiotropos, superficie foliar y porcentaje de hojas necrosadas por haz en las estaciones de *Posidonia oceanica* muestreadas.**

Localidad	Código de la Masa de agua	Cobertura posidonia (%) (P, PCr y Pcp)	SE cobertura	Densidad rizomas plag. (rizomas m-2)	SE densidad rizomas plag. (rizomas m-2)	Densidad total de haces (haces m-2)	SE densidad total (haces m-2)	% Rizomas plag.	Longitud foliar haz (cm haz-1)	SE longitud foliar haz (cm haz-1)	Ancho de la hoja (cm)	SE ancho de la hoja (cm)	Superficie foliar haz (cm2 haz-1)	SE superficie foliar haz (cm2 haz-1)	Longitud foliar necrosa da (cm)	SE longitud foliar necrosa da (cm)	% longitud foliar necrosa da	SE % longitud foliar necrosa da	Núm. hojas por haz	SE número de hojas por haz
Punta de Sa Creu	FO10	90,250	0,750	28,80	13,70	657,20	75,41	4,38	229,11	17,3166	1,01	0,0233	233,94	22,1769	10,76	2,4091	4,66	1,0678	7,3	0,3
Punta Rasa	FO9/1	83,500	8,000	21,60	5,21	424,40	63,67	5,09	260,62	22,7625	1,15	0,0224	303,02	30,1649	26,23	5,9656	9,28	1,6707	7,0	0,3
Platja des Mitjorn	FO9/2	83,750	8,250	56,80	8,88	577,60	34,68	9,83	125,27	12,0187	0,88	0,0133	110,64	11,2587	16,16	3,6525	12,54	2,2559	4,5	0,2
Cap Llentrisca	IB1A/1	90,500	1,803	49,20	7,26	642,40	43,12	7,66	230,82	7,8734	0,89	0,0180	206,13	10,2511	23,70	3,9254	10,20	1,6891	5,3	0,2
Cala Tarida	IB1A/2	79,167	4,919	33,33	8,62	483,11	79,76	6,90	295,20	27,9992	0,94	0,0163	277,13	25,5998	37,56	11,2488	11,07	2,5494	5,8	0,4
Cap Negret	IB1B/1	76,000	7,911	25,20	6,40	370,40	48,45	6,80	197,82	7,7078	0,99	0,0100	195,64	7,3879	24,80	4,1572	12,46	1,9876	5,0	0,1
Cap Mussons	IB1B/2	52,333	12,418	22,29	3,79	508,00	32,82	4,39	240,27	10,5577	0,93	0,0260	223,38	11,2089	60,16	5,5048	25,38	2,6842	5,9	0,2
Sant Antoni	IB2	91,500	4,311	17,78	3,41	465,78	32,41	3,82	139,80	8,1843	0,92	0,0200	129,26	9,0519	13,71	3,8235	9,01	2,3315	5,4	0,2
Punta Sa Creu	IB3/1	82,167	3,919	18,22	4,53	735,56	94,15	2,48	270,16	17,1728	0,90	0,0149	243,05	15,8937	32,27	5,8322	12,17	2,1119	5,9	0,3
Punta des Gat	IB3/2	54,000	14,373	25,71	5,15	537,14	57,00	4,79	324,55	19,8604	1,03	0,0213	336,81	26,0481	50,87	8,7643	15,84	2,6905	6,6	0,3
Punta den Valls	IB4/1	85,333	5,247	50,00	15,53	666,00	76,46	7,51	283,01	15,1172	0,93	0,0153	264,00	16,5410	27,84	5,2209	9,58	1,4014	5,6	0,2
Cala Llenya	IB4/2	89,333	1,364	36,80	7,13	532,40	68,27	6,91	264,16	23,7194	0,96	0,0221	251,22	20,3227	15,82	4,0663	6,05	1,7445	5,4	0,1
Santa Eulària	IB5	62,333	29,012	22,40	4,36	531,15	85,85	4,22	284,16	25,0699	0,96	0,0306	274,43	27,5132	37,48	4,4868	13,52	1,5401	4,8	0,3
Cala Llonga	IB6/1	79,250	2,250	36,40	6,89	514,40	66,05	7,08	158,32	22,6656	1,03	0,0213	163,94	24,2930	14,89	2,5827	10,25	1,7550	5,9	0,2
Punta dets Andreus	IB6/2	87,000	2,500	31,20	6,16	525,20	69,71	5,94	218,96	21,5252	1,01	0,0233	220,03	21,4500	29,17	4,0965	13,54	1,4255	6,6	0,2
Talamanca	IB7/1	75,500	0,500	34,80	8,43	557,20	77,01	6,25	196,99	18,8824	1,08	0,0200	211,93	19,3874	26,29	5,2034	13,62	2,7540	6,1	0,3
Platja den Bossa	IB7/2	97,250	2,750	43,60	4,64	480,40	59,24	9,08	256,18	18,4776	1,02	0,0291	262,16	21,2271	32,57	4,3326	12,42	1,1084	6,7	0,3
Platja de Ses Salines	IB-FO8/1	81,500	1,500	28,00	13,74	703,11	52,35	3,98	253,23	14,1714	0,94	0,0267	239,32	16,6462	29,52	4,0064	12,19	1,9037	6,6	0,1
Cala Torreta	IB-FO8/2	94,500	2,500	74,40	10,67	570,40	67,63	13,04	253,85	27,2306	1,07	0,0260	274,94	34,6506	33,40	6,7928	13,45	2,5989	7,1	0,4
Illetes Formentera	IB-FO8/3	87,250	0,250	27,50	10,97	457,00	112,66	6,02	302,83	22,9732	0,92	0,0200	277,31	19,7087	30,17	11,6892	9,25	3,2314	7,1	0,3

Localidad	Código de la Masa de agua	Cobertura Posidonia (%) (P, PCr y Pcp)	SE cobertura	Densidad rizomas plag. (rizomas m-2)	SE densidad rizomas plag. (rizomas m-2)	Densidad total de haces m-2)	SE densidad total (haces m-2)	% Rizomas plag.	Longitud foliar haz (cm)	SE longitud foliar haz (cm)	Ancho de la hoja (cm)	SE ancho de la hoja (cm)	Superficie foliar haz (cm2 haz-1)	SE superficie foliar haz (cm2 haz-1)	Longitud foliar necrosa da (cm)	SE longitud foliar necrosa da (cm)	% longitud foliar necrosa da	SE % longitud foliar necrosa da	Núm. hojas por haz	SE número de hojas por haz
Es Pujols	IB-F08/4	92,500	4,000	29,60	8,39	531,60	55,90	5,57	261,02	17,5463	0,97	0,0153	253,45	17,7000	48,96	7,2715	18,80	2,3487	6,8	0,3
Cala D'Or	MA10/1	84,500	8,000	22,40	7,71	382,00	26,14	5,86	236,83	18,0244	0,87	0,0153	207,88	18,2022	20,08	3,8044	7,89	1,1361	4,4	0,2
Cala Mondragó	MA10/2	68,500	15,500	58,67	18,50	693,33	105,34	8,46	278,67	23,8063	0,90	0,0298	249,35	21,8865	32,14	6,5461	10,96	2,0151	5,4	0,3
Es Caragol-Cap de Salines	MA11/1	71,250	6,750	58,40	17,71	652,80	125,42	8,95	166,13	20,8166	0,81	0,0277	134,83	18,5864	12,90	3,1352	8,26	1,9428	3,9	0,3
Colonia Sant Jordi	MA11/2	81,750	2,250	54,22	15,19	511,56	70,95	10,60	224,62	13,5732	0,91	0,0180	203,82	12,4429	39,61	4,8638	17,45	1,7936	5,7	0,2
S'Estanyol	MA11/3	82,500	8,000	10,00	2,88	452,00	42,82	2,21	243,69	16,5594	0,89	0,0233	214,73	12,9592	20,90	4,1789	8,19	1,2373	6,4	0,2
Es Castell (Cabrera)	MA12/1	80,500	19,500	10,00	2,17	465,20	46,99	2,15	228,74	12,4129	0,91	0,0100	208,69	12,7677	41,43	3,1554	18,59	1,7965	6,1	0,2
Santa María (Cabrera)	MA12/2	98,000	2,000	17,60	3,78	626,80	88,92	2,81	191,45	22,8891	0,85	0,0167	164,19	21,2283	23,05	3,9475	13,77	3,4320	5,3	0,3
S'Olla (Cabrera)	MA12/3	93,750	6,250	32,00	5,40	535,60	64,48	5,97	277,37	16,1247	0,99	0,0100	274,81	16,6962	42,15	5,4708	16,15	2,5054	6,5	0,2
Cap Blanc	MA13/1	92,333	4,126	24,44	5,60	435,56	68,19	5,61	293,01	14,5968	0,94	0,0163	275,65	15,2383	37,84	4,5438	12,70	1,2485	5,9	0,3
Punta Llobera	MA13/2	67,167	3,655	22,22	5,13	594,22	82,04	3,74	270,82	14,1711	0,92	0,0249	250,34	17,4161	26,05	7,3198	9,34	2,3570	6,2	0,3
Hotel Delta	MA14/1	79,750	1,146	24,89	4,93	607,11	76,56	4,10	195,15	13,9160	1,01	0,0180	197,06	14,3168	30,29	6,3188	14,81	2,3773	6,1	0,2
Cap Enderrocat	MA14/2	72,333	1,922	44,00	8,60	516,40	79,82	8,52	163,08	17,4164	1,02	0,0327	162,93	15,0833	36,89	10,5797	19,72	4,4639	6,1	0,2
Cala Gamba	MA15/1	68,250	1,250	16,00	2,73	385,60	63,92	4,15	118,40	6,4136	0,98	0,0249	115,95	6,7842	5,54	3,5134	3,88	2,2701	4,5	0,2
Son Verí	MA15/2	80,400	7,400	15,60	5,25	289,20	35,66	5,39	233,12	14,2767	0,93	0,0153	217,54	15,3631	46,44	9,9884	19,25	3,5189	5,9	0,3
Illetes -Ma	MA16/1	77,250	0,250	22,80	6,72	242,00	24,61	9,42	142,77	17,7127	0,94	0,0267	132,62	16,4190	13,63	3,2820	8,20	1,8995	4,2	0,2
Magalluf	MA16/2	59,500	37,50	65,60	17,60	632,00	68,79	10,38	205,93	14,6280	0,82	0,0249	169,87	15,1689	26,93	5,1701	13,31	2,1267	4,8	0,2
Cala Figuera (Portals Vells)	MA1A/1	63,750	5,750	44,00	9,26	451,11	73,50	9,75	132,66	7,0275	0,91	0,0314	120,52	7,2172	22,87	3,7811	16,89	2,3441	5,3	0,3
El Toro	MA1A/2	86,250	0,750	41,60	9,16	385,20	36,77	10,80	127,21	16,2306	0,94	0,0267	121,02	17,0188	17,11	3,5027	13,00	2,2256	5,2	0,3
Cala Marmacén	MA1B/1	82,000	3,000	20,80	6,50	465,60	77,11	4,47	217,74	20,2242	0,93	0,0153	202,21	19,0508	14,06	2,6154	6,10	1,0744	5,4	0,4
Punta Galinda	MA1B/2	93,250	1,750	32,44	10,59	352,44	19,75	9,21	254,51	31,1297	0,97	0,0213	249,49	32,4047	24,26	6,9755	8,17	1,6833	6,3	0,5
Santa Ponça	MA2	78,500	9,000	5,78	2,41	378,22	36,00	1,53	274,45	14,5039	0,87	0,0213	238,15	13,0653	30,88	6,0809	10,89	1,6651	5,5	0,2
Dragonera	MA3A/1	89,250	3,750	8,80	2,13	371,60	29,51	2,37	219,76	26,0574	0,96	0,0306	216,88	30,1708	26,66	5,7102	11,71	1,8505	6,4	0,6
Cala Deiá	MA3A/2	76,500	3,000	25,33	5,81	578,22	95,29	4,38	285,87	25,6014	0,90	0,0258	261,85	28,9484	36,79	11,8259	11,49	2,9667	6,2	0,2
Cala Tuent	MA3B/1	81,167	2,167	23,20	5,93	500,40	50,07	4,64	258,91	16,1587	1,01	0,0314	259,82	15,3413	49,12	5,7158	19,30	2,3343	7,4	0,3

Localidad	Código de la Masa de agua	Cobertura posidonia (%) (P, PCr y Pcp)	SE cobertura	Densidad rizomas (rizomas m-2)	SE densidad rizomas (rizomas m-2)	Densidad total de haces (haces m-2)	SE densidad total (haces m-2)	% Rizomas plag.	Longitud foliar haz (cm)	SE longitud foliar haz (cm)	Ancho de la hoja (cm)	SE ancho de la hoja (cm)	Superficie foliar haz (cm2 haz-1)	SE superficie foliar haz (cm2 haz-1)	Longitud foliar necrosa da (cm)	SE longitud foliar necrosa da (cm)	% longitud foliar necrosa	SE % longitud foliar necrosa	Núm. hojas por haz	SE número de hojas por haz
Cap Formentor	MA3B/2	94,000	0,000	26,00	6,93	515,20	101,31	5,05	322,15	33,0921	1,02	0,0133	327,85	32,8282	39,63	9,6291	11,98	3,2765	5,9	0,3
Illa de Formentor	MA3B/3	93,875	2,375	15,20	3,52	502,80	21,89	3,02	186,61	19,8724	0,88	0,0249	165,12	18,0880	18,89	4,4096	10,30	1,9699	4,9	0,2
Port de Sóller	MA4	56,750	15,750	43,20	9,50	434,80	72,11	9,94	191,37	12,0359	0,92	0,0249	176,32	12,6483	8,40	1,6744	4,14	0,7224	6,5	0,5
Pollença	MA5	91,500	8,500	37,20	12,03	626,80	49,64	5,93	272,17	56,3701	0,95	0,0167	262,80	57,5852	42,56	5,9804	19,41	3,1638	5,0	0,3
Cap Pinar	MA6/1	90,500	2,000	43,60	12,67	521,20	38,80	8,37	227,23	17,4724	0,82	0,0133	185,56	13,2684	33,68	5,3858	14,58	1,8283	5,9	0,1
Cap de Menorca	MA6/2	77,000	6,083	25,00	7,81	550,50	47,78	4,54	248,66	17,5259	0,92	0,0200	228,20	15,6069	33,78	6,7283	13,06	2,0615	5,8	0,2
Port d'Alcúdia	MA7/1	38,833	5,776	12,00	2,69	140,22	28,43	8,56	277,23	21,3785	0,98	0,0249	272,85	23,3733	29,28	6,0700	10,46	2,0051	5,8	0,4
Can Picafort	MA7/2	86,167	2,404	11,40	2,58	306,60	34,70	3,72	187,00	26,4248	0,94	0,0163	177,57	26,2875	24,75	6,5857	12,70	2,7361	4,5	0,4
Son Serra de Marina	MA7/3	71,750	0,750	77,60	9,07	531,60	27,30	14,60	116,71	11,4484	0,84	0,0221	99,51	11,2951	15,74	5,3913	12,00	3,5338	4,8	0,3
Es Caló	MA8/1	74,500	3,500	58,50	13,22	607,00	52,49	9,64	186,32	17,1122	0,84	0,0163	158,61	17,3305	26,89	3,7991	14,82	1,8517	5,3	0,3
Cala Metzoc	MA8/2	72,833	8,095	25,50	8,88	785,00	55,46	3,25	164,37	14,9202	0,91	0,0180	150,43	15,4195	27,81	8,4114	15,77	3,9741	5,6	0,2
Cala Ratjada	MA9A/1	84,833	7,748	4,00	1,03	391,20	39,74	1,02	148,36	12,5822	0,96	0,0163	142,20	12,0775	16,06	2,8890	11,05	2,1382	4,8	0,3
Cala Millor	MA9A/2	96,000	4,000	24,00	9,16	741,60	83,93	3,24	182,22	19,9664	0,84	0,0163	153,74	17,7277	18,91	4,2123	10,21	1,8386	4,0	0,4
Porto Cristo	MA9B/1	87,167	7,535	27,00	8,44	571,60	83,56	4,72	192,20	10,3949	0,88	0,0133	169,11	9,6111	18,32	2,6638	9,72	1,4734	5,7	0,2
Porto Colom	MA9B/2	94,000	3,500	14,00	5,47	369,60	43,09	3,79	206,77	14,2024	0,92	0,0200	190,90	14,7098	19,68	6,9143	9,04	3,0173	4,7	0,2
Cala Morell	ME1A/1	99,500	0,500	3,20	1,31	414,00	87,50	0,77	294,76	23,5142	1,04	0,0221	308,58	27,3794	39,63	6,6319	13,64	2,0257	5,6	0,4
Illes Bledes	ME1A/2	69,500	2,466	27,43	6,95	504,57	40,81	5,44	376,98	15,7476	0,91	0,0100	343,03	14,5902	58,48	4,7633	15,80	1,4221	6,8	0,2
S'Arenal de S'Olla	ME1B/1	85,167	2,587	16,44	5,94	625,33	55,21	2,63	268,42	19,4500	0,85	0,0224	228,63	18,3281	18,27	6,0579	6,18	1,8310	3,8	0,2
Cala Es Grau	ME1B/2	96,667	1,764	16,40	4,44	496,40	54,11	3,30	193,34	10,3789	0,97	0,0260	189,17	14,5980	3,37	1,8954	1,83	1,0157	4,4	0,2
S'Algar	ME1C	77,667	8,228	29,60	4,18	444,80	52,40	6,65	225,53	21,0644	0,95	0,0167	216,63	23,0608	14,35	4,1779	5,64	1,4955	4,4	0,2
Fornells	ME2	96,500	0,764	9,60	3,44	444,00	38,49	2,16	258,98	17,2155	0,97	0,0213	252,77	19,3906	9,96	2,1031	4,04	0,8589	5,5	0,4
Port de Mao	ME3	78,167	6,936	23,60	6,06	512,40	56,25	4,61	235,75	20,7629	0,97	0,0153	228,59	20,8441	15,41	3,4856	6,48	1,2261	4,8	0,2
Biniandolla	ME4A/1	78,000	1,258	16,89	4,51	582,22	48,44	2,90	212,85	26,3894	0,96	0,0267	208,32	28,1261	23,70	5,4547	11,69	2,1974	5,0	0,2
Cala'n Porter	ME4A/2	76,667	6,888	22,80	5,10	402,40	54,63	5,67	239,97	17,8740	0,93	0,0153	223,81	18,2117	13,32	3,5691	5,09	1,0597	5,8	0,2
Ses Penyes	ME4B/1	44,500	12,553	26,86	7,79	844,00	152,28	3,18	238,96	19,0764	0,89	0,0180	213,82	18,7254	7,75	2,5010	3,39	1,0937	4,4	0,2
Cala Galdana	ME4B/2	84,000	3,175	18,40	5,85	572,80	81,53	3,21	218,97	16,5204	0,92	0,0133	200,39	13,8446	36,51	6,3226	16,43	2,1239	5,1	0,2
S'Arenal Son Saura	ME5/1	90,167	6,099	15,20	4,21	334,80	21,67	4,54	247,35	23,4587	0,91	0,0233	226,57	24,3795	11,43	2,3234	4,50	0,8662	4,5	0,3
Cala Blanca	ME5/2	66,500	18,657	8,44	3,91	435,11	61,65	1,94	280,76	20,6818	0,96	0,0221	267,96	18,4126	19,18	5,5140	6,64	1,5476	5,3	0,2

**Tabla 2b. Valor medio y error estándar de la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en hojas y rizomas, concentración de nitrógeno en epífitos foliares, y delta <sup>15</sup>N en rizomas y hojas de *Posidonia oceanica* en las estaciones muestreadas.**

Localidad	Código de la Masa de agua	%N (gDW) epífitos	SE %N (gDW) epífitos	%N (gDW) hojas	SE %N (gDW) hojas	%N (gDW) rizomas	SE %N (gDW) rizomas	%P (gDW) hojas	SE %P (gDW) hojas	%P (gDW) rizomas	SE %P (gDW) rizomas	Hojas d15N	Hojas SE d15N	Rizoma d15N	Rizoma SE d15N
Punta de Sa Creu	FO10	1,0176	0,1300	1,3934	0,0561	1,3455	0,3563	0,1986	0,0205	0,2009	0,0420	2,5137	0,4284	2,2603	0,5151
Punta Rasa	FO9/1	0,6260	0,0164	1,5924	0,1357	1,0417	0,2648	0,2219	0,0240	0,1820	0,0830	2,9729	0,3383	3,1666	0,1505
Platja des Mitjorn	FO9/2	1,3827	0,2747	1,6045	0,0913	0,6138	0,2181	0,1374	0,0190	0,0726	0,0320	1,8962	0,3513	5,6149	no data
Cap Llentrisca	IB1A/1	1,1260	0,1347	1,8424	0,1466	2,9736	0,5385	0,1998	0,0242	0,4229	0,0216	1,9561	0,4023	2,9350	0,5528
Cala Tarida	IB1A/2	1,4587	0,1291	2,2119	0,1741	1,8194	0,1948	0,1702	0,0128	0,1911	0,0299	3,6438	0,2978	4,0140	0,3569
Cap Negret	IB1B/1	0,9573	0,0670	2,2958	0,1506	4,9107	0,3071	0,1786	0,0117	0,3944	0,0410	2,6984	0,1576	4,1120	0,1447
Cap Mussons	IB1B/2	0,7043	0,0815	1,4815	0,1195	1,8735	0,2596	0,1264	0,0083	0,2396	0,0221	1,0508	0,1947	2,3923	0,2647
Sant Antoni	IB2	0,9459	0,0551	1,8096	0,0169	1,9252	0,1189	0,1072	0,0124	0,1015	0,0263	4,3195	0,1176	6,3809	0,7380
Punta Sa Creu	IB3/1	1,1481	0,1057	1,8381	0,1709	3,8904	0,0345	0,1606	0,0082	0,3318	0,0349	2,1881	0,4314	3,6791	0,1323
Punta des Gat	IB3/2	0,1720	0,1377	1,6011	0,1438	2,0030	0,2080	0,1498	0,0180	0,2208	0,0316	1,5790	0,0812	3,6436	0,3506
Punta den Valls	IB4/1	0,7841	0,0827	1,6100	0,2009	2,9791	0,2074	0,1027	0,0048	0,2814	0,0401	1,7216	0,0952	3,4966	0,0968
Cala Llenya	IB4/2	0,7171	0,0643	1,9167	0,1595	2,6151	0,1020	0,1259	0,0120	0,2193	0,0383	3,0918	0,2011	4,2201	0,2485
Santa Eulària	IB5	1,2156	0,1405	1,6690	0,1384	2,6175	1,0173	0,1313	0,0185	0,2544	0,0881	4,9376	0,3894	6,7327	0,1886
Cala Llonga	IB6/1	0,6059	0,0055	1,2471	0,0446	1,0912	0,0832	0,1407	0,0085	0,1230	0,0361	5,0819	0,4511	6,1406	0,1786
Punta dets Andreus	IB6/2	1,2204	0,4691	1,1377	0,0580	1,5882	0,0362	0,1564	0,0149	0,1135	0,0110	3,7014	0,1644	4,4247	0,1751
Talamanca	IB7/1	0,7088	0,0618	1,3561	0,1017	0,9420	0,3500	0,1410	0,0085	0,1694	0,0382	3,4140	0,2780	4,1500	no data
Platja den Bossa	IB7/2	1,1261	0,1302	1,7030	0,0668	2,0149	0,3038	0,1372	0,0281	0,1325	0,0459	3,7453	0,2263	4,0910	0,0925
Platja de Ses Salines	IB-FO8/1	0,9914	0,5373	1,4410	0,2015	1,0593	0,1233	0,1779	0,0172	0,2164	0,0777	1,7418	0,3192	3,3460	0,5391
Cala Torreta	IB-FO8/2	0,8578	0,1851	1,4519	0,1948	3,1009	0,6920	0,1691	0,0241	0,1726	0,1278	3,6785	0,1703	3,1790	0,6032
Illetes formentera	IB-FO8/3	1,0232	0,1084	1,4957	0,0793	1,6277	0,2706	0,1517	0,0066	0,2206	0,0413	3,1143	0,3474	3,2943	0,5817

Localidad	Código de la Masa de agua	%N (gDW) epifitos	SE %N (gDW) epifitos	%N (gDW) hojas	SE %N (gDW) hojas	%N (gDW) rizomas	SE %N (gDW) rizomas	%P (gDW) hojas	SE %P (gDW) hojas	%P (gDW) rizomas	SE %P (gDW) rizomas	Hojas d15N	Hojas SE d15N	Rizoma d15N	Rizoma SE d15N
Es Pujols	IB-FO8/4	0,9099	0,0712	1,3414	0,0641	0,8476	0,1302	0,1542	0,0145	0,1984	0,0428	3,1317	0,1521	3,5477	no data
Cala D'Or	MA10/1	0,6645	0,0632	1,4916	0,0470	2,5139	0,3881	0,0937	0,0050	0,0417	0,0108	6,8509	0,2494	8,4178	no data
Cala Mondragó	MA10/2	1,0981	0,1038	1,4949	0,0531	1,1368	0,2519	0,0953	0,0096	0,0515	0,0117	no data	no data	7,7072	0,3701
Es Caragol-Cap de Salines	MA11/1	1,0207	0,0729	1,0207	0,0729	0,6235	0,0090	0,0764	0,0050	0,0762	0,0349	3,1303	0,2401	no data	no data
Colonia Sant Jordi	MA11/2	0,8307	0,0764	1,6007	0,1094	1,7382	0,1245	0,0722	0,0046	0,0304	0,0028	6,3695	0,2633	no data	no data
S'Estanyol	MA11/3	1,0550	0,0350	1,7298	0,0919	5,4737	0,8498	0,1284	0,0135	0,1321	0,0420	5,5614	0,1004	6,0554	no data
<b>Es Castell (Cabrera)</b>	<b>MA12/1</b>	<b>0,6268</b>	<b>0,0616</b>	<b>1,2924</b>	<b>0,0421</b>	<b>1,5165</b>	<b>0,1384</b>	<b>0,0921</b>	<b>0,0017</b>	<b>0,1436</b>	<b>0,0342</b>	<b>5,0389</b>	<b>no data</b>	<b>4,2756</b>	<b>0,3185</b>
<b>Santa Maria (Cabrera)</b>	<b>MA12/2</b>	<b>0,7335</b>	<b>0,1063</b>	<b>1,1423</b>	<b>0,0741</b>	<b>0,6115</b>	<b>0,0906</b>	<b>0,0818</b>	<b>0,0029</b>	<b>0,0390</b>	<b>0,0024</b>	<b>3,7379</b>	<b>0,3481</b>	<b>4,0196</b>	<b>no data</b>
<b>S'Olla (Cabrera)</b>	<b>MA12/3</b>	<b>0,6728</b>	<b>0,0737</b>	<b>1,2580</b>	<b>0,1105</b>	<b>0,5655</b>	<b>0,0837</b>	<b>0,1350</b>	<b>0,0080</b>	<b>0,0542</b>	<b>0,0079</b>	<b>3,6408</b>	<b>0,4836</b>	<b>no data</b>	<b>no data</b>
Cap Blanc	MA13/1	1,0551	0,0221	1,6508	0,0226	1,5900	0,3413	0,1718	0,0186	0,1369	0,0176	2,3833	0,2686	3,3258	0,1585
Punta Llobera	MA13/2	1,3099	0,1546	1,2143	0,0684	1,4621	0,2877	0,1382	0,0091	0,2254	0,0324	2,3618	0,2057	3,1693	0,1647
Hotel Delta	MA14/1	0,8620	0,0320	2,3641	0,1836	3,1473	0,2715	0,1866	0,0102	0,1963	0,0183	5,4604	0,1746	5,5527	0,1447
Cap Enderrocat	MA14/2	1,5861	0,5321	2,2516	0,1170	no data	no data	0,1947	0,0174	0,2726	0,0138	5,5034	0,1243	5,7745	0,3827
Cala Gamba	MA15/1	0,7700	0,0146	2,0705	0,1148	3,5044	0,3409	0,0982	0,0037	0,1441	0,0088	8,2832	0,1084	8,9082	0,2477
Son Verí	MA15/2	0,7679	0,1797	1,5433	0,0747	3,3944	0,6796	0,1242	0,0140	0,1069	0,0475	6,6431	0,2190	7,5955	0,4278
Illetes Mallorca	MA16/1	0,7409	0,0443	1,5955	0,1062	1,0871	0,2799	0,0972	0,0073	0,1366	0,0630	5,3059	0,2430	4,2210	0,3350
Magalluf	MA16/2	0,8244	0,0434	1,1888	0,0303	2,3240	0,4539	0,1162	0,0089	0,3370	0,0592	4,0734	0,2733	5,5913	no data
Cala Figuera (Portals Vells)	MA1A/1	0,6435	0,0223	1,4765	0,1483	0,8545	0,2157	0,1307	0,0222	0,0858	0,0054	4,1433	0,0984	5,5278	no data
El Toro	MA1A/2	0,6753	0,0870	1,3722	0,1832	1,9883	0,1700	0,1229	0,0142	0,1693	0,0604	2,3697	0,0362	3,4766	0,3412
Cala Marmacén	MA1B/1	0,5670	0,0464	1,4114	0,0575	1,7602	0,1018	0,1310	0,0106	0,1775	0,0304	2,8619	0,1620	3,6609	0,3808
Punta Galinda	MA1B/2	0,6723	0,1259	1,7779	0,0273	2,4637	0,0788	0,1709	0,0127	0,3372	0,0428	2,7936	0,0717	2,6455	0,1585
Santa Ponça	MA2	0,8604	0,0343	1,5514	0,0625	1,2849	0,4713	0,1545	0,0136	0,2904	0,0604	4,4869	0,2356	6,2753	0,0200
Dragonera	MA3A/1	0,8499	0,0257	1,2073	0,0654	1,9981	0,4660	0,1312	0,0279	0,1706	0,0312	3,3413	0,3289	4,4225	0,4155
Cala Deiá	MA3A/2	0,9769	0,2214	1,2583	0,0274	2,4838	0,6682	0,0961	0,0088	0,1116	0,0280	2,2152	0,0188	3,3067	0,3099
Cala Tuent	MA3B/1	1,1894	0,0875	1,6040	0,1668			0,1855	0,0414	0,1930	0,0069	2,6932	0,3366	3,5509	0,1377
Cap Formentor	MA3B/2	1,3378	0,2523	1,4875	0,1133	3,1109	0,4131	0,1290	0,0048	0,3858	0,0258	3,2546	0,2516	2,7605	0,2883
Illa de Formentor	MA3B/3	0,6524	0,1061	1,3208	0,0446	1,3142	0,3253	0,1026	0,0124	0,0594	0,0065	3,0788	0,4109	4,2971	0,1630
Port de Sóller	MA4	0,5873	0,0393	0,9660	0,0366	0,9404	0,0566	0,1169	0,0105	0,1302	0,0105	4,5723	0,1385	5,1861	0,1261

Localidad	Código de la Masa de agua	%N (gDW) epífitos	SE %N (gDW) epífitos	%N (gDW) hojas	SE %N (gDW) hojas	%N (gDW) rizomas	SE %N (gDW) rizomas	%P (gDW) hojas	SE %P (gDW) hojas	%P (gDW) rizomas	SE %P (gDW) rizomas	Hojas d15N	Hojas SE d15N	Rizoma d15N	Rizoma SE d15N
Pollença	MA5	0,5612	0,0096	1,2200	0,0986	1,6850	0,3604	0,0849	0,0055	0,1785	0,0376	3,6586	0,2496	4,5961	0,3443
Cap Pinar	MA6/1	0,8834	0,0938	1,5163	0,1082	1,7503	0,1950	0,1733	0,0152	0,1751	0,0267	1,9515	0,1783	2,2780	0,4121
Cap de Menorca	MA6/2	0,7066	0,0080	1,7781	0,0758	1,4463	0,2664	0,1548	0,0111	0,0893	0,0276	3,4357	0,1494	3,1568	0,1228
Port d'Alcúdia	MA7/1	0,8281	0,3109	1,3348	0,1043	2,7435	0,0899	0,0861	0,0046	0,0689	0,0104	5,7142	0,4008	8,7504	0,0847
Can Picafort	MA7/2	1,1612	0,3652	1,5231	0,0422	3,6312	0,2615	0,0660	0,0054	0,0996	0,0239	6,1737	0,3411	10,2798	0,2051
Son Serra de Marina	MA7/3	1,0547	0,1287	1,9217	0,2401	3,0075	0,2872	0,0750	0,0040	0,0709	0,0060	6,9157	0,4197	7,3604	0,2526
Es Caló	MA8/1	0,6372	0,1840	1,1899	0,0632	1,3885	0,3752	0,0820	0,0074	0,0634	0,0191	5,4243	0,1398	5,3841	no data
Cala Metzoc	MA8/2	1,1415	0,1813	2,6949	0,1829	no data	no data	0,0777	0,0088	0,1236	0,0311	5,4138	0,2192	5,2852	0,1565
Cala Ratjada	MA9A/1	0,9811	0,0833	2,6924	0,4450	no data	no data	0,1808	0,0185	0,2251	0,0348	5,2929	0,2549	5,4693	0,1236
Cala Millor	MA9A/2	0,7604	0,0595	1,5285	0,0225	1,6012	0,8061	0,0999	0,0140	0,0515	0,0089	no data	no data	no data	no data
Porto Cristo	MA9B/1	1,2146	0,1226	2,0009	0,1264	3,4487	0,4659	0,1027	0,0170	0,0874	0,0241	6,7612	0,1596	6,6141	0,1624
Porto Colom	MA9B/2	0,8628	0,1393	1,7836	0,0721	3,1846	0,2704	0,1700	0,0153	0,2441	0,0552	6,3201	no data	no data	no data
Cala Morell	ME1A/1	1,5020	0,1155	2,2173	0,2219	2,9525	0,3142	0,1120	0,0089	0,1571	0,0299	3,8252	0,1513	3,7083	0,1244
Illes Bledes	ME1A/2	1,2026	0,0642	1,2696	0,0300	1,9012	0,1445	0,0976	0,0078	0,1447	0,0307	2,9537	0,1325	3,6565	0,1512
S'Arenal de S'Olla	ME1B/1	1,4397	0,0823	1,4221	0,0701	2,3933	0,3194	0,1693	0,0224	0,1725	0,0160	2,8238	0,2694	3,8897	0,2570
Cala Es Grau	ME1B/2	1,8423	0,0583	1,7054	0,2521	3,5933	0,1860	0,0978	0,0060	0,3112	0,0880	2,0577	0,0695	3,3682	0,1152
S'Algar	ME1C	0,8130	0,1054	2,0293	0,2571	3,2848	0,6781	0,1046	0,0106	0,1630	0,0186	3,7523	0,1667	4,5549	0,0263
Fornells	ME2	0,4890	0,2160	1,5171	0,0456	1,8498	0,2987	0,1202	0,0127	0,1343	0,0382	3,2683	0,1663	2,7124	0,2967
Port de Mao	ME3	0,7159	0,1672	1,5863	0,1345	3,9063	0,4988	0,1178	0,0234	0,2381	0,0421	4,1737	0,4893	4,9671	0,1241
Biniancolla	ME4A/1	1,2148	0,0672	1,1513	0,0647	2,6473	0,3255	0,0831	0,0145	0,0665	0,0048	3,6049	0,2283	5,0725	0,0894
Cala'n Porter	ME4A/2	1,2565	0,1057	1,4958	0,0867	2,2836	0,3131	0,1031	0,0073	0,1452	0,0072	5,3034	0,2504	5,4877	0,0670
Ses Penyes	ME4B/1	2,2027	0,0221	1,3866	0,0370	2,1656	0,6489	0,0971	0,0064	0,0426	0,0047	2,4788	0,3540	3,7742	0,1446
Cala Galdana	ME4B/2	0,9149	0,0508	1,3541	0,0903	2,1416	0,4528	0,0715	0,0101	0,0812	0,0264	5,0662	0,1596	5,7775	0,2558
S'Arenal de Son Saura	ME5/1	1,0359	0,0931	1,5676	0,1306	2,8183	0,4801	0,0765	0,0046	0,1633	0,0194	3,2361	0,1347	3,4555	0,1385
Cala Blanca	ME5/2	1,1544	0,1087	1,4810	0,1475	2,9831	0,5189	0,1140	0,0091	0,0845	0,0034	4,3587	0,5989	4,5507	0,2098

**Tabla 2c. Promedio y error estándar de la concentración de carbohidratos estructurales (sacarosa y almidón), azufre total en hojas y rizomas y delta <sup>34</sup>S en rizomas y hojas de *Posidonia oceanica* en las estaciones muestreadas.**

Localidad	Código de la Masa de agua	Sacarosa (%DW)	SE sacarosa (%DW)	Almidón (%DW)	SE almidón (%DW)	% S elemental en hojas	SE % S elemental en hojas	% S elemental en rizoma	SE % S elemental en rizoma	d34SV-CDT (%) en hojas	SE d34SV-CDT (%) en hojas	d34SV-CDT (%) en rizoma	SE d34SV-CDT (%) en rizoma
Punta de Sa Creu	FO10	13,2792	1,8191	4,0058	0,3019	0,3370	0,0102	0,3416	0,0332	20,1250	0,2909	19,8915	1,8672
Punta Rasa	FO9/1	15,7559	0,4936	6,2730	1,2194	0,5204	0,0257	0,3148	0,0345	18,4862	1,5945	14,6318	1,6071
Platja des Mitjorn	FO9/2	9,8168	0,1204	11,2178	1,7404	0,5082	0,0177	0,3390	0,0344	19,5468	0,9098	17,8223	1,2896
Cap Llentrisca	IB1A/1	4,2045	0,9203	9,3566	0,5603	0,5672	0,0230	1,4708	0,0954	22,0542	0,2266	22,9381	0,6835
Cala Tarida	IB1A/2	8,2431	2,4677	9,0941	0,7137	0,5497	0,1318	0,9741	0,0502	21,2077	0,5140	22,2720	0,8373
Cap Negret	IB1B/1	6,3061	1,9345	8,5501	0,8755	0,5467	0,0803	0,9207	0,0822	21,2209	0,1104	19,1549	1,2048
Cap Mussons	IB1B/2	10,2086	1,8694	11,3814	0,7006	0,3308	0,0400	0,5624	0,0359	21,9907	0,4574	21,7788	1,0087
Sant Antoni	IB2	14,8352	1,9224	9,7880	1,0240	0,3704	0,0487	0,5757	0,0953	20,3331	0,0503	22,8367	0,5237
Punta Sa Creu	IB3/1	14,8044	2,0331	9,9676	0,3068	0,5704	0,0801	1,0165	0,0299	21,5316	0,4965	20,8538	0,7066
Punta des Gat	IB3/2	6,5971	0,3902	8,6729	1,0095	0,5244	0,0466	0,7215	0,0383	21,7385	0,3441	19,9047	0,8221
Punta den Valls	IB4/1	18,7257	2,3356	10,4145	1,2186	0,4617	0,0590	1,0914	0,1263	21,9178	0,1731	21,3417	1,0139
Cala Llenya	IB4/2	20,1524	1,8758	7,1907	1,5810	0,6225	0,0207	1,2378	0,1954	19,7312	0,4306	20,1095	0,8675
Santa Eulària	IB5	8,4699	1,4789	8,8332	0,9045	0,3431	0,0326	1,0782	0,1200	20,4186	0,3127	19,2104	0,5742
Cala Llonga	IB6/1	10,4349	3,6413	8,3948	0,8288	0,3020	0,0213	0,6750	0,2677	18,0110	0,7031	21,6747	1,2362
Punta dets Andreus	IB6/2	17,9930	3,0215	10,6545	1,0872	0,4062	0,0463	0,4140	0,0716	19,0722	0,5911	20,6848	1,2126
Talamanca	IB7/1	13,8818	1,5317	11,6631	0,6919	0,4160	0,0400	0,6515	0,1783	18,7099	1,1187	21,0092	0,9855
Platja den Bossa	IB7/2	15,4864	0,7966	9,0024	0,4625	0,6582	0,0313	0,4042	0,0771	19,8687	0,2122	17,2465	0,4697
Platja de Ses Salines	IB-FO8/1	15,9843	2,0461	8,6426	0,7340	0,4170	0,0217	0,3035	0,0234	16,8101	0,2926	10,8335	0,7090
Cala Torreta	IB-FO8/2	12,3149	1,5451	7,3397	0,6472	0,4108	0,0223	0,3546	0,0486	20,1305	0,5354	17,8813	0,3456
Illetes formentera	IB-FO8/3	9,9144	1,0099	8,9016	0,3557	0,4786	0,0668	0,4118	0,0261	19,5410	0,7688	16,7617	2,0372
Es Pujols	IB-FO8/4	7,0369	0,7709	6,6317	1,3889	0,5059	0,0193	0,3011	0,0215	18,7622	0,3125	21,0567	0,4103
Cala D'Or	MA10/1	13,3635	2,1232	5,2911	0,2434	0,5334	0,0822	0,4494	0,0818	18,5080	0,2119	15,3770	1,0007
Cala Mondragó	MA10/2	7,4070	2,0599	5,9043	0,3335	0,4657	0,0230	0,4512	0,1185	19,5379	0,6024	20,2182	1,0454
Es Caragol-Cap de Salines	MA11/1	9,1154	2,0828	8,3490	0,6669	0,3435	0,0448	0,3751	0,0284	20,9992	0,1217	20,1562	1,9616

Localidad	Código de la Masa de agua	Sacarosa (%DW)	SE sacarosa (%DW)	Almidón (%DW)	SE almidón (%DW)	% S elemental en hojas	SE % S elemental en hojas	% S elemental en rizoma	SE % S elemental en rizoma	d34SV-CDT (%) en hojas	SE d34SV-CDT (%) en hojas	d34SV-CDT (%) en rizoma	SE d34SV-CDT (%) en rizoma
Colonia Sant Jordi	MA11/2	2,8611	1,0821	6,0756	2,0570	0,5430	0,0085	0,4477	0,0493	19,2553	1,6817	24,2629	0,2910
S'Estanyol	MA11/3	9,3674	0,6618	8,1871	0,4823	0,6511	0,0273	1,1132	0,0942	21,1684	0,2778	21,3446	1,6927
Es Castell (Cabrera)	MA12/1	17,0094	2,4961	4,8239	0,6267	0,4868	0,0960	0,3799	0,0258	21,0175	1,1546	18,9956	1,6405
Santa Maria (Cabrera)	MA12/2	18,7314	1,1257	1,9754	0,3093	0,3588	0,0076	0,2955	0,0632	19,6556	0,3807	18,7477	2,1229
S'Olla (Cabrera)	MA12/3	26,0345	3,9099	4,6592	0,8294	0,4124	0,2054	0,5309	0,0450	17,2939	1,4143	14,7597	2,7138
Cap Blanc	MA13/1	5,3096	1,0053	11,9194	0,8628	0,5080	0,0545	0,6486	0,0849	21,2682	0,7209	20,4991	0,9829
Punta Llobera	MA13/2	4,3632	2,0984	9,6405	0,8650	0,6419	0,1286	0,7974	0,1424	21,8413	0,5337	21,8234	0,3894
Hotel Delta	MA14/1	7,5090	1,2256	11,1110	0,2939	0,7066	0,0448	1,4553	0,1101	21,5941	0,6382	21,7660	0,5396
Cap Enderrocat	MA14/2	6,4979	1,6509	8,9590	0,1773	0,9602	0,0170	0,6103	0,0397	19,0723	0,1650	18,7926	0,6508
Cala Gamba	MA15/1	3,2700	0,6515	9,2591	0,2925	0,4580	0,0332	0,5135	0,1481	20,0911	1,0288	19,2453	0,6474
Son Verí	MA15/2	5,7796	0,8455	9,5950	0,1388	0,5022	0,0261	0,7025	0,0765	20,9332	0,3033	22,0997	0,5146
Illetes Mallorca	MA16/1	18,5667	1,3259	3,3611	0,5624	0,3321	0,0550	0,4931	0,0419	18,9918	0,4249	20,0673	1,6987
Magalluf	MA16/2	16,3940	0,5759	8,3927	0,5103	0,4004	0,0150	0,3187	0,0193	17,8851	0,9507	16,3243	1,7730
Cala Figuera (Portals Vells)	MA1A/1	13,3525	1,3018	5,4136	1,1617	0,4545	0,0307	0,5045	0,0838	19,0825	0,7038	19,6318	1,9282
El Toro	MA1A/2	21,5506	1,5570	4,0569	0,2248	0,3524	0,0433	0,7616	0,1338	18,8609	0,3431	20,6415	1,6450
Cala Marmacén	MA1B/1	11,0004	1,3483	2,4959	0,5194	0,5884	0,0180	0,6770	0,0938	19,8925	0,4081	18,9665	2,9093
Punta Galinda	MA1B/2	17,6985	2,1095	3,7982	0,6132	0,7080	0,1082	0,4045	0,0097	21,6346	0,4267	25,6436	0,8311
Santa Ponça	MA2	8,2970	1,0998	9,1372	0,1816	0,3670	0,0139	0,7639	0,1413	18,3530	0,3171	17,7665	1,5494
Dragonera	MA3A/1	18,5385	0,7368	3,1928	0,1535	0,3889	0,0777	0,4872	0,0184	20,6534	0,2326	26,8712	1,0158
Cala Deiá	MA3A/2	13,6265	1,9194	6,7151	0,3123	0,4803	0,0306	0,4191	0,0227	19,4510	1,2570	16,3234	0,6494
Cala Tuent	MA3B/1	17,3507	3,1987	10,2121	1,1012	0,8427	0,0763	0,9312	0,0493	20,0700	0,8415	20,3280	0,3737
Cap Formentor	MA3B/2	19,5043	2,0927	4,5560	1,0796	0,4882	0,1118	1,0305	0,1309	19,9908	1,3667	22,3912	0,7846
Illa de Formentor	MA3B/3	22,9926	1,0935	4,7909	0,6144	0,2773	0,0198	0,7525	0,3820	18,5468	1,1863	18,8553	0,5990
Port de Sóller	MA4	8,6069	0,2128	4,2161	0,6709	0,2962	0,0207	0,3833	0,0312	20,1131	0,5250	18,0788	3,8323
Pollença	MA5	16,3780	0,7301	7,5795	0,7202	0,4071	0,0143	0,5449	0,0154	18,5227	0,7113	21,6156	1,7591
Cap Pinar	MA6/1	9,3227	2,2693	10,7102	0,3003	0,5651	0,0539	0,6382	0,0499	20,2507	1,5317	23,4579	0,7484
Cap de Menorca	MA6/2	13,4185	0,8326	11,1525	0,6885	0,7471	0,0710	0,6735	0,0873	19,0555	0,5139	18,9102	0,3364
Port d'Alcúdia	MA7/1	18,0295	1,5756	9,9101	1,5903	0,6177	0,0589	0,5056	0,0617	21,2905	0,3334	19,4038	1,0877

Localidad	Código de la Masa de agua	Sacarosa (%DW)	SE sacarosa (%DW)	Almidón (%DW)	SE almidón (%DW)	% S elemental en hojas	SE % S elemental en hojas	% S elemental en rizoma	SE % S elemental en rizoma	d34SV-CDT (%) en hojas	SE d34SV-CDT (%) en hojas	d34SV-CDT (%) en rizoma	SE d34SV-CDT (%) en rizoma
Can Picafort	MA7/2	8,3058	1,0152	10,6890	0,6713	0,5813	0,0597	0,6045	0,0454	20,9683	0,1095	18,6592	1,3497
Son Serra de Marina	MA7/3	8,6510	3,1210	5,4673	1,0148	0,4773	0,0480	0,3552	0,0213	23,9108	0,4551	21,7360	0,2630
Es Caló	MA8/1	no data	no data	no data	no data	0,4221	0,0060	0,3001	0,0143	19,9892	1,2496	21,6585	1,5821
Cala Metzoc	MA8/2	16,0523	1,4247	7,3828	0,6294	0,8260	0,0745	0,8011	0,1585	20,9491	1,0513	21,1201	0,8971
Cala Ratjada	MA9A/1	19,4152	1,6288	8,2261	0,1829	1,0229	0,1059	0,8713	0,2008	22,9779	1,3203	18,5138	1,6476
Cala Millor	MA9A/2	10,2378	1,4089	7,4009	0,4441	0,4871	0,0358	0,5172	0,0636	20,3288	1,2909	12,0525	2,0855
Porto Cristo	MA9B/1	11,1555	1,6051	7,9991	1,5629	0,5887	0,0593	0,8894	0,1110	23,1512	0,1262	20,5801	0,5179
Porto Colom	MA9B/2	8,5746	0,7684	4,6487	0,3954	0,4856	0,0481	0,4435	0,0382	22,6781	0,2325	20,2223	0,7428
Cala Morell	ME1A/1	6,5062	0,4871	7,3631	0,8534	0,6524	0,0319	0,9713	0,1330	20,8321	0,4639	19,1506	1,5698
Illes Bledes	ME1A/2	14,8907	1,0134	10,6342	0,6196	0,7232	0,0351	0,8253	0,2973	21,2196	0,0857	20,8332	0,3529
S'Arenal de S'Olla	ME1B/1	15,6283	2,6039	6,4262	0,7608	0,6684	0,1247	0,5923	0,0415	20,7399	0,1954	20,2958	0,1024
Cala Es Grau	ME1B/2	21,9759	3,6781	5,6597	0,9979	0,5970	0,1294	no data	no data	20,7604	0,3243	no data	no data
S'Algar	ME1C	19,5529	0,2172	4,9743	0,2239	0,6609	0,1246	0,5871	0,1031	21,1371	0,2509	20,7483	0,2058
Fornells	ME2	10,0495	0,8271	10,0229	0,8099	0,5617	0,0324	1,0920	0,1939	19,5273	0,8745	18,7037	1,7298
Port de Mao	ME3	15,2387	3,5737	7,3427	0,1689	0,8156	0,1132	0,9578	0,1324	20,3629	0,3665	22,2402	0,7908
Biniancolla	ME4A/1	16,3443	2,3999	6,6261	0,6170	0,6068	0,0960	0,5273	0,0376	22,3307	0,4904	21,2903	0,5318
Cala'n Porter	ME4A/2	19,1712	3,7149	7,0671	0,4156	0,7964	0,0716	0,6694	0,0948	20,5398	0,1149	18,1586	1,2472
Ses Penyes	ME4B/1	10,6516	0,5083	4,5997	1,7122	0,5251	0,0352	0,5101	0,0341	20,0173	0,3043	16,4280	2,2667
Cala Galdana	ME4B/2	18,3695	2,3792	8,5741	0,2035	0,6051	0,0902	0,6542	0,0592	19,9137	0,2375	20,1135	0,6669
S'Arenal de Son Saura	ME5/1	25,9576	1,3031	5,4616	0,7317	0,7494	0,2095	0,8711	0,3013	20,0804	0,2146	19,6735	0,3950
Cala Blanca	ME5/2	9,7978	0,6938	10,6921	0,3182	0,7156	0,1461	0,8502	0,1596	20,6425	0,2876	18,1099	0,4612

Tabla 3. Densidad y tasas demográficas anuales (tasa específica de mortalidad, reclutamiento y crecimiento neto de la población de haces) de *P. oceanica* cuantificadas en parcelas permanentes instaladas en las localidades estudiadas de la costa Balear cuantificadas durante el periodo 2007-2009 (ocasionalmente 2007-2010\*). Se indica el número de observaciones (N), el valor medio (media) y el error estándar (SE) para cada estima y el estado de la pradera (i.e. estable, en expansión, en regresión o en fuerte regresión). \*\* indica que la pradera está en expansión después de un periodo de fuerte regresión.

Código masa de agua	Localidad	Año	Densidad (haces m <sup>-2</sup> )			Tasa de mortalidad (año <sup>-1</sup> )			Tasa de reclutamiento (año <sup>-1</sup> )			Tasa de crecimiento neto de la población (año <sup>-1</sup> )			Estado
			N	media	SE	N	media	SE	N	media	SE	N	media	SE	
IB-FO8/2	Cala Torreta	2008	3	474.89	17.24	3	0.14	0.06	3	0.10	0.03	3	-0.04	0.09	estable
		2009	3	396.27	80.77	3	0.53	0.23	3	0.30	0.07	3	-0.23	0.17	fuerte regresión
IB-FO8/3	Illetes	2008	1	287.50		1	0.02		1	0.02		1	0.00		estable
		2009	2	490.63	246.88	2	0.11	0.04	2	0.08	0.03	2	-0.03	0.07	estable
IB-FO8/4	Els Pujols	2008	3	966.67	386.11	3	0.39	0.17	3	0.06	0.01	3	-0.34	0.16	fuerte regresión
		2009	3	941.67	343.87	3	0.15	0.03	3	0.19	0.08	3	0.04	0.09	estable
MA10/1	Cala d'Or	2006-2008	2	354.00	54.00	2	0.09	0.01	2	0.00	0.00	2	-0.09	0.00	regresión
		2009-2010	2	304.00	56.00	2	0.12	0.04	2	0.04	0.02	2	-0.08	0.02	regresión
MA12/1	El Castell	2008	3	368.75	89.78	3	0.21	0.08	3	0.01	0.01	3	-0.21	0.09	fuerte regresión
		2009	3	318.75	65.05	3	0.15	0.07	3	0.03	0.01	3	-0.13	0.08	regresión
MA12/2	Cala Sta Maria	2008-2009	3	320.94	44.92	3	0.18	0.15	3	0.00	0.00	3	-0.18	0.15	fuerte regresión
MA5	Pollença	2008	2	383.67	277.55	2	0.09	0.03	2	0.32	0.27	2	0.23	0.24	expansión**
MA7/2	Can Picafort	2008	3	480.00	46.13	3	0.09	0.06	3	0.03	0.01	3	-0.06	0.06	estable
		2009-2010	3	474.67	62.58	3	0.07	0.02	3	0.06	0.00	3	-0.01	0.02	estable
MA9A/2	Cala Millor	2008	3	775.00	215.27	2	0.14	0.09	2	0.01	0.01	2	-0.13	0.10	regresión
		2009	1	375.00		1	0.10		1	0.07		1	-0.03		estable

## 6. Clasificación del estado ecológico de las masas de agua costeras de Baleares

De acuerdo con el convenio, el estado ecológico de las masas de agua costeras de Baleares se clasifica utilizando el índice multivariante POMI, basado en descriptores estructurales, químicos y fisiológicos de *P. oceanica*. Todo ellos se han tenido en cuenta, *a priori*, para desarrollar el POMI (Posidonia Oceanica Multivariate Index), siguiendo el protocolo descrito por Romero et al (2007). Para este segundo periodo de convenio 2008-2009, la evaluación de las masas de agua de las Islas Baleares va a contar con la experiencia en el análisis de las variables alcanzada en el periodo anterior y se robustecerán los resultados con los resultados del estudio demográfico, indicadores de la estabilidad de la abundancia de haces de la pradera.

En el periodo 2005-2006 se escogieron los siguientes descriptores para incluir en el POMI:

- cobertura de *P. oceanica* en el fondo,
- contenido de nitrógeno en rizomas,
- contenido de fósforo en rizomas,
- abundancia relativa de  $^{15}\text{N}$  en rizomas y
- abundancia relativa de  $^{34}\text{S}$  en rizomas.

Para el mismo periodo no se incluyeron ciertos descriptores, aunque fueran descriptores utilizados para clasificar las masas de agua costeras de Cataluña, por las razones que acompañan: la densidad de haces totales, ya que en Baleares no contribuía a explicar la varianza reflejada en el Eje I del análisis PCA; la superficie foliar y porcentaje de hojas necrosadas porque gran parte de la variabilidad era estacional; los metales, concentración de N en epifitos, concentración de sacarosa en rizomas porque al incluir estos descriptores la PCA, las puntuaciones en el Eje I de estaciones de referencia óptima y pésima eran inferiores a las de algunas estaciones muestreadas, impidiendo realizar la clasificación.

Por todo ello, para el presente convenio 2008-2009, se ha eliminado el análisis de metales aunque se han mantenido la recogida de variables estructurales, químicas (N, P y S) y fisiológicas, *a priori* buenas descriptoras del estado de calidad de la planta.

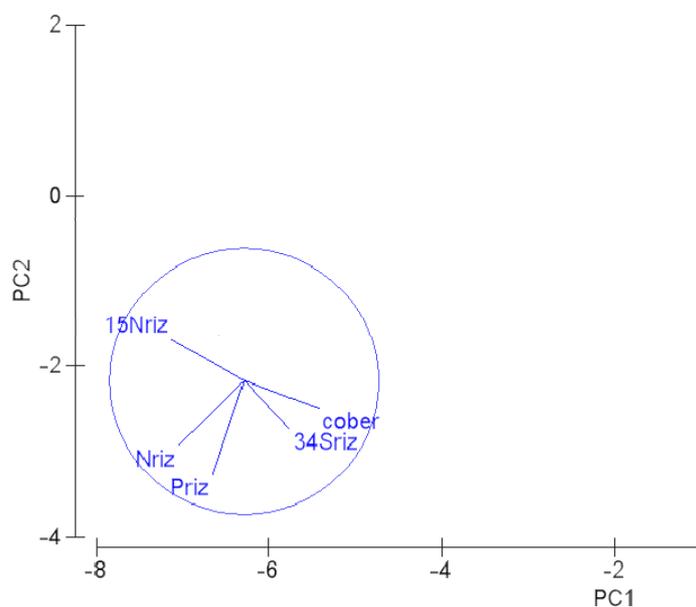
Los estados de referencia óptimo y pésimo en masas de agua costeras son estaciones virtuales y se han calculado, respectivamente, promediando para cada variable, las 3 mejores medidas para el estado de referencia óptimo y las 3 peores para el pésimo, de acuerdo con los criterios de la fig. 32 de Romero et al 2007. El estado de referencia óptimo se ha calculado exclusivamente a partir de los valores medidos en Baleares. En cambio, el estado de referencia pésimo para de las masas de agua costeras de Baleares se ha calculado utilizando como estación de referencia de estado pésimo una estación estimada a partir del promedio de los 3 peores valores observados en Cataluña o Baleares para cada descriptor (para este período, como en el anterior, las tres peores estaciones siempre estaban situadas en la costa catalana). Se ha seguido la misma metodología empleada en el periodo 2006-2007.

Desgraciadamente y debido a la falta de una variable para algunas estaciones, no se han podido clasificar todas las estaciones muestreadas (Tabla 4). A causa de ello, la masa de agua MA9A no se ha podido evaluar.

**Tabla 4. Estaciones no evaluadas por la falta de una variable de las 5 incluidas en el POMI**

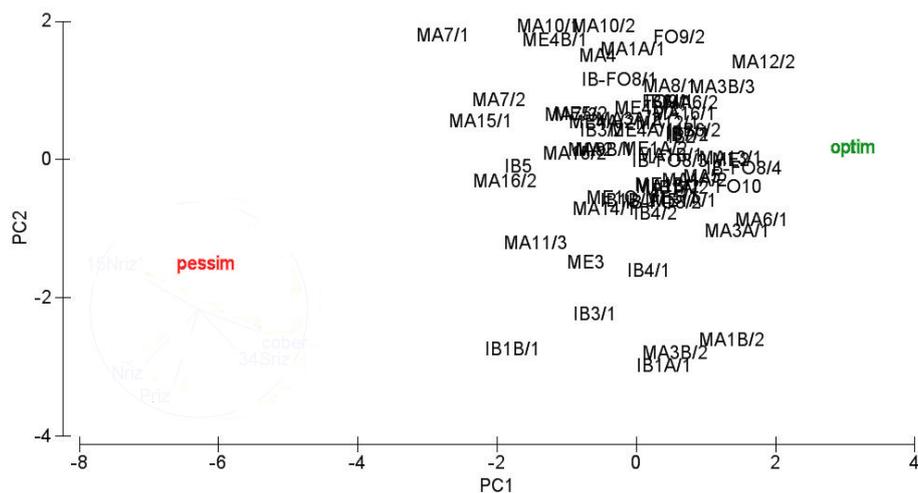
Localidad	Código de la estación
Cala Es Grau	ME1B/2
Porto Colom	MA9B/2
Cala Millor	MA9A/2
Cala Ratjada	MA9A/1
Cala Metzoc	MA8/2
Cala Tuent	MA3B/1
Cap Enderrocat	MA14/2
S'Olla (Cabrera)	MA12/3
Colonia Sant Jordi	MA11/2
Es Caragol-Cap de Salines	MA11/1

Una vez corregida la base de datos de las estaciones sin todas las variables disponibles y la normalización de los datos, se procede al análisis de Componentes Principales con el software Premier 6  $\beta$ . Los dos primeros ejes del análisis explican el 61,9% de la varianza entre estaciones. El primer eje, considerado el eje indicador de estado de calidad medioambiental de la masa de agua (Romero et al 2007), explica el 35,5% de la varianza observada en el total de estaciones analizadas. Se presenta la distribución de cada variable respecto a los dos primeros ejes del análisis en la figura 33, donde se observa un comportamiento similar de las variables cobertura del sustrato y abundancia del isótopo  $^{34}\text{S}$  y contrario a la abundancia del isótopo  $^{15}\text{N}$ . Ortogonalmente encontramos las variables concentración de N y P en rizomas.



**Figura 33. Peso y sentido de las variables escogidas para el POMI respecto a los dos primeros ejes del análisis. Las abreviaciones de las variables corresponden a: concentración de nitrógeno en rizomas (Nriz), concentración de fósforo en rizomas (Priz),  $\delta^{15}\text{N}$  en rizomas (15Nriz),  $\delta^{34}\text{S}$  en rizomas (34Sriz), cobertura de la pradera (cober).**

En la figura 34 se observa la distribución de las estaciones estudiadas representadas a partir de los valores de los ejes principal y secundario del análisis PCA, así como las estaciones pésima y óptima.



**Figura 34. Diagrama de ordenación PCA de las estaciones estudiadas, incluyendo las estaciones óptima y pésima.**

La puntuación del eje principal de cada estación se considera una estimación de su estado ecológico y siguiendo la ecuación (Romero et al 2007) se han obtenido los EQR':

$$EQR' = (Ci_x - Ci_{pésima}) / (Ci_{óptima} - Ci_{pésima})$$

donde:  $Ci_x$  es la puntuación respecto al eje I de la estación;  $Ci_{pésima}$  la puntuación respecto al eje I de la estación con estado pésimo y  $Ci_{óptima}$  la puntuación respecto al eje I de la estación con estado óptimo.

Finalmente se han escalado los valores EQR' a las 5 clases requeridas para la Directiva Marco de Agua y se ha corregido el valor EQR' a EQR siguiendo los criterios de Romero et al (2007).

Las estaciones en mal estado son aquellas que no tienen *Posidonia oceanica* y, por tanto, no son posibles de identificar con este elemento biológico de calidad, y por lo tanto se han obtenido valores EQR que varían entre 0.1 y 1.0 (Fig. 35).

Se ha identificado el estado ecológico de las estaciones de las aguas costeras baleares estudiadas, a partir de los valores EQR que definen cada categoría de estado utilizando *Posidonia oceanica* como elemento indicador de calidad (Romero et al 2007). Se han clasificado entre las categorías de “muy buen estado”, “buen estado”, “estado aceptable”, “estado deficiente” (Fig. 35). Cabe indicar que las fronteras entre categorías de estado medioambiental se han calculado dividiendo el rango de valores EQR donde puede existir *Posidonia* ( $0.1 > \text{EQR} < 1$ ) entre clases de idéntico tamaño, cada una de 0,225 EQR (Romero et al 2007) (Fig. 35).

EQR	Ecological status and colour code	
0.775–1	high	blue
0.550–0.774	good	green
0.325–0.549	moderate	yellow
0.1–0.324	poor	orange
0–0.1	bad	Red

**Fig. 35. Valores de EQR para las 5 categorías de estados ecológicos descritos (Romero et al 2007)**

De las 38 masas de agua descritas para el convenio 2008-2009 correspondientes a 73 estaciones y según el elemento biológico indicador (*Posidonia oceanica*) de la calidad de las aguas costeras de las Islas Baleares, resultan los siguientes estados ecológicos listados en la tabla 5.

Tabla 5. Resultados del análisis PCA para establecer los estados ecológicos –requeridos por la DMA– de las estaciones de aguas costeras Baleares usando el índice multivariante POMI con las variables cobertura, concentración de nitrógeno y fósforo en rizomas, abundancia relativa de  $^{15}\text{N}$  y  $^{34}\text{S}$  en rizomas. Se muestran los datos de la puntuación del eje 1 de la PCA, los valores EQR, y estado ambiental de las estaciones estudiadas. Las estaciones con la notación Bueno\* indican importancia en el seguimiento. Las estaciones cuyo estado ecológico para el 2006 está en blanco es porque han sufrido variaciones de posición o redefinición de la masa de agua.

Código de la localidad	Localidad	EQR' 08/09	EQR 08/09	Estado ecológico 2008/09	Estado ecológico 2006
MA12/2	Santa Maria (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	Bueno
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	Bueno
MA1A/2	El Toro	0,755	0,786	Muy bueno	
MA6/2	Cap de Menorca	0,750	0,782	Muy bueno	Bueno
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	Bueno	
MA16/1	Illetes Mallorca	0,739	0,771	Bueno	Bueno
IB2	Sant Antoni	0,736	0,769	Bueno	Muy bueno
IB1A/2	Cala Tarida	0,734	0,767	Bueno	Bueno
FO9/2	Platja des Mitjorn	0,730	0,764	Bueno	Muy bueno
MA3B/2	Cap Formentor	0,724	0,758	Bueno	Muy bueno
ME5/1	S'Arenal de Son Saura	0,720	0,755	Bueno	Bueno
MA1B/1	Cala Marmacén	0,718	0,753	Bueno	Muy bueno
IB-FO8/3	Illetes formentera	0,717	0,752	Bueno	Muy bueno
MA8/1	Es Caló	0,716	0,751	Bueno	
FO9/1	Punta Rasa	0,715	0,750	Bueno	Bueno
MA12/1	Es Castell (Cabrera)	0,713	0,748	Bueno*	Muy bueno
MA13/2	Punta Llobera	0,713	0,748	Bueno	
ME1B/1	S'Arenal de S'Olla	0,713	0,748	Bueno	Bueno
IB6/1	Cala Llonga	0,712	0,747	Bueno	Muy bueno
IB1A/1	Cap Llentrisca	0,709	0,744	Bueno	Bueno
IB-FO8/2	Cala Torreta	0,707	0,742	Bueno	Muy bueno
IB4/2	Cala Llenya	0,694	0,731	Bueno	
ME1A/2	Illes Bledes	0,693	0,730	Bueno	Bueno
IB4/1	Punta den Valls	0,684	0,722	Bueno	Muy bueno
ME4B/2	Cala Galdana	0,681	0,720	Bueno	Bueno
ME4A/1	Biniancolla	0,674	0,713	Bueno	
MA1A/1	Cala Figuera (Portals Vells)	0,660	0,700	Bueno	Bueno
MA3A/2	Cala Deiá	0,652	0,693	Bueno	Muy bueno
IB1B/2	Cap Mussos	0,652	0,693	Bueno	
IB-FO8/1	Platja de Ses Salines	0,640	0,681	Bueno	
ME1C	S'Algar	0,626	0,669	Bueno	
MA14/1	Hotel Delta	0,616	0,660	Bueno	Bueno

Código de la localidad	Localidad	EQR' 08/09	EQR 08/09	Estado ecológico 2008/09	Estado ecológico 2006
MA10/2	Cala Mondragó	0,614	0,659	Bueno	Bueno
IB3/2	Punta des Gat	0,611	0,655	Bueno	Bueno
ME4A/2	Cala'n Porter	0,611	0,655	Bueno	
MA9B/1	Porto Cristo	0,610	0,655	Bueno	
MA4	Port de Sóller	0,605	0,650	Bueno	
IB3/1	Punta Sa Creu	0,602	0,647	Bueno	
MA2	Santa Ponça	0,599	0,645	Bueno	Bueno
ME3	Port de Mao	0,586	0,633	Bueno	Bueno
ME5/2	Cala Blanca	0,579	0,626	Bueno	Bueno
MA15/2	Son Verí	0,569	0,618	Bueno	Bueno
MA7/3	Son Serra de Marina	0,564	0,613	Bueno	
ME4B/1	Ses Penyes	0,540	0,591	Bueno*	
MA10/1	Cala D'Or	0,529	0,581	Bueno*	Bueno
MA11/3	S'Estanyol	0,509	0,563	Bueno*	
IB5	Santa Eulària	0,483	0,539	Aceptable	Bueno
IB1B/1	Cap Negret	0,474	0,531	Aceptable	
MA16/2	Magalluf	0,461	0,519	Aceptable	Bueno
MA7/2	Can Picafort	0,453	0,512	Aceptable	Bueno
MA15/1	Cala Gamba	0,425	0,486	Aceptable	Bueno
MA7/1	Port d'Alcúdia	0,366	0,433	Aceptable	Aceptable

Se han contabilizado 15 estaciones con en muy buen estado, 42 en buen estado y 6 en estado aceptable. De las 42 praderas en buen estado (i.e., caen dentro del rango de EQR de 0,549 a 0,775) tres de ellas: Ses Penyes (en Ibiza), Cala D'Or y s'Estanyol están en riesgo por la cercanía a la clase inmediatamente inferior, el estado "aceptable". Es por ello que requieren de una exhaustiva vigilancia para mantener y/o mejorar su estado ecológico. Ninguna estación se ha clasificado como en "estado deficiente" o en "mal estado" (Tabla 5, Figura 36).

En comparación con el período anterior, se observa un ligero empeoramiento del estado ecológico de las estaciones muestreadas. Para el período 2005-2006, casi la mitad (un 43%) de las estaciones presentaban un "muy buen estado" de calidad, mientras que en el periodo 2008-2009 sólo el presentaban "muy buen estado" de calidad el 23% de las estaciones evaluadas (Tabla 5). Cabe destacar que las estaciones de Cap Blanc, Punta dets Andreus y Cap Menorca, que en el periodo 2006-2007 estaban en estado "bueno" en el periodo 2008-2009 han pasado a estado de "muy bueno" (Tabla 5). En cambio, las estaciones de Sant Antoni, Platja des Mitjorn, Cap Formentor, Cala Marmacén, Illetes (Formentera), Es Castell, Cala

Llonga, Cala Torreta, Punta den Valls y Cala Deià han pasado de estado “muy bueno” en el periodo 2006-2007 a “bueno” en el periodo 2008-2009 (Tabla 5). Lamentablemente el número de estaciones consideradas como en “estado aceptable” se ha triplicado respecto al periodo 2006-2007 (Tabla 5). La estación de Port d’Alcudia se mantiene en estado “aceptable” (Tabla 5). Las estaciones Sta Eulària, Magalluf, Can Picafort y Cala Gamba, que en el periodo 2006-2007 estaban en estado “bueno”, en el periodo 2008-2009 están en estado “aceptable”. Cap Negret, que no pudo clasificarse en el periodo 2006-2007, en el periodo 2008-2009 está en estado “aceptable”. Son Verí, que en el periodo 2006-2007 estaba en estado “aceptable”, en el periodo 2008-2009 ha mejorado su estado a “bueno” con una EQR de 0,618 (Tabla 5).

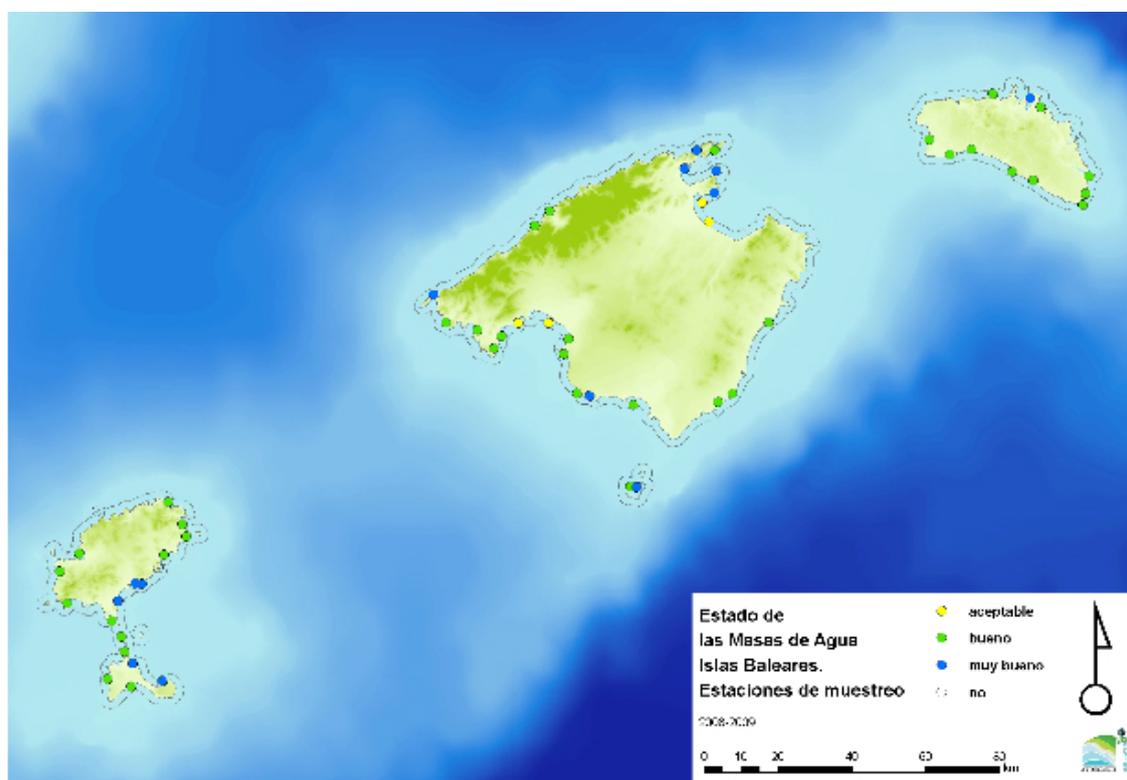


Fig. 36. Mapa de las estaciones y su estado ecológico, utilizando la *P. oceanica* como elemento indicador de calidad para el periodo 2008-2009.

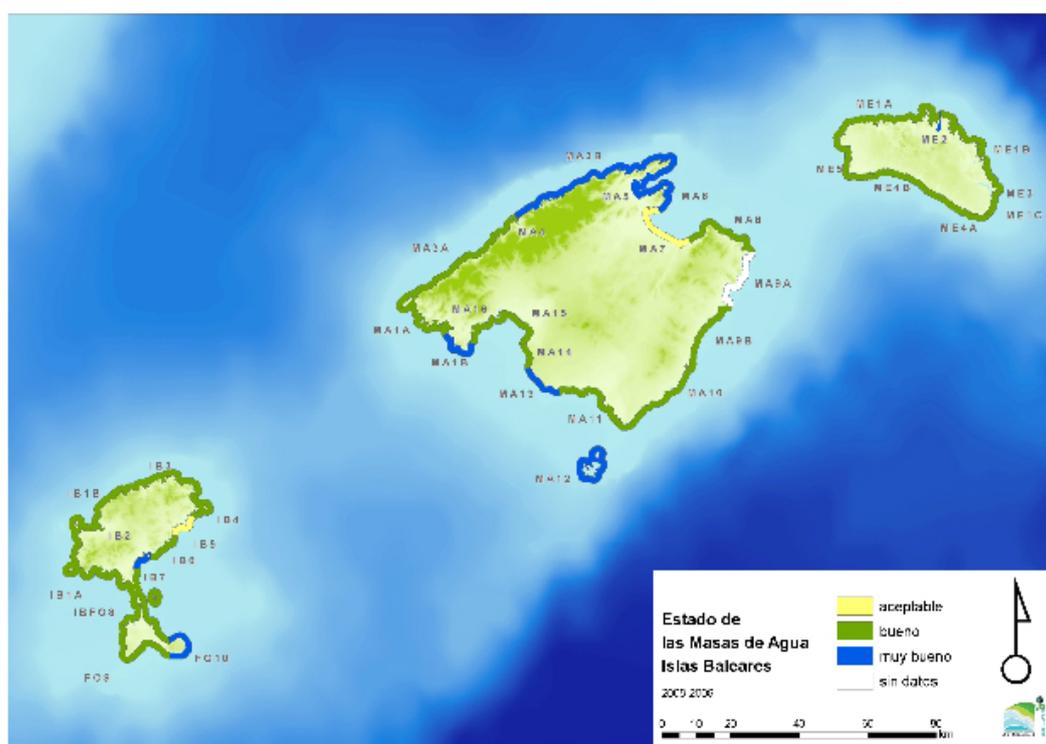
A partir de los resultados del estado ecológico de las estaciones se han clasificado las masas de agua costeras de Baleares promediando sus EQR, en los casos de disponer de más de una estación, para los otros casos, se ha utilizado el valor de la estación disponible (Tabla 6, Figura 37).

Tabla 6. **Clasificación de las masas de agua de** Baleares según el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica* utilizando el índice multivariante POMI. Resultado procedente del promedio de las estaciones que conforman la masa de agua. Las masas de agua cuyo estado ecológico está en blanco, es porque no existían en el período 2005-2006.

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	Bueno
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	Bueno
MA3B	0,791	Muy bueno	Muy bueno
IB7	0,777	Muy bueno	Muy bueno
IB6	0,770	Bueno	Bueno
MA3A	0,770	Bueno	Muy bueno
IB-FO8	0,758	Bueno	Muy bueno
FO9	0,757	Bueno	Muy bueno
IB1A	0,756	Bueno	Bueno
MA8	0,751	Bueno	Muy bueno
ME1A	0,751	Bueno	Muy bueno
ME1B	0,748	Bueno	Muy bueno
MA1A	0,743	Bueno	Muy bueno
IB4	0,726	Bueno	Muy bueno
IB2	0,708	Bueno	Muy bueno
ME5	0,691	Bueno	Bueno
ME4A	0,684	Bueno	Bueno
ME1C	0,669	Bueno	Muy bueno
MA14	0,660	Bueno	Bueno*
ME4B	0,655	Bueno	Bueno
MA9B	0,655	Bueno	Muy bueno
IB3	0,651	Bueno	Bueno
MA4	0,650	Bueno	
MA16	0,645	Bueno	Bueno
MA2	0,645	Bueno	Bueno
ME3	0,633	Bueno	Bueno*
MA10	0,620	Bueno	Bueno
IB1B	0,612	Bueno	Bueno
MA11	0,563	Bueno*	Muy bueno
MA15	0,552	Bueno*	Aceptable
IB5	0,539	Aceptable	Bueno
MA7	0,519	Aceptable	Bueno

Según estos resultados, 9 masas de agua, representando un 24% del total de masas de agua de Baleares, están en “muy buen estado”, 26 (i.e. el 68% del total de masas de agua) en “buen estado”, y 2 (i.e. el 6% del total) en “estado aceptable” (Fig. 37, Tabla 6). Como en el análisis de

las estaciones de muestreo, ninguna masa de agua se ha clasificado como en “estado deficiente” o en “mal estado”. Las masas de agua costeras de Baleares que necesitarán una especial vigilancia son las que se encuentran en “estado aceptable”, y estas son MA 7 (Bahía de Alcúdia en Mallorca) y IB5 (zona de Santa Eulària de Ibiza) y las masas de agua cuyo EQR esté cercano al cambio de estado. En este último caso, la masa de agua MA11 del sur de Mallorca y la del este de la Bahía de Palma (MA15) –que ha mejorado su categoría a “buen estado” respecto al periodo 2005-2006-, tendrán que ser vigiladas en futuras campañas.



**Fig. 37. Mapa de las masas de agua y su estado ecológico, utilizando la *P. oceanica* como elemento indicador de calidad para el periodo 2008-2009.**

En general el estado ecológico de las masas de agua de las Islas Baleares se ha visto reducido. Ha disminuido el porcentaje de masas de aguas en “muy buen estado”, se ha engrosando el porcentaje de masas de agua en “buen estado” y aumentado en una, el número de masas de agua en “estado aceptable”. Confirmando la tendencia de la disminución de la calidad ecológica de las masas de agua de Baleares observada utilizando el índice multivariante POMI, el estudio demográfico realizado en algunas masas de agua indica que la mayoría (66 %) de

praderas estudiadas están experimentando una pérdida neta de densidad de haces de la pradera (Tabla 7). Las tasas actuales de pérdida de densidad indican que, si se mantienen, la abundancia de las praderas disminuiría a la mitad de la abundancia actual dentro 3-10 años.

Tabla 7. Integración de los resultados de las dinámicas demográficas y los estados de calidad de 8 de las 73 estaciones descritas por la DMA para evaluar el estado de calidad de las aguas costeras baleares

Código masa de agua	Localidad	Estado	EQR	Estado ecológico 2008/09	Estado ecológico 2006
IB-FO8/2	Cala Torreta	Fuerte regresión	0,742	Bueno	Muy bueno
IB-FO8/3	Illetes	Estable	0,752	Bueno	Muy bueno
IB-FO8/4	Els Pujols	Fuerte regresión	0,856	Muy bueno	Muy bueno
MA10/1	Cala d'Or	Regresión	0,581	Bueno*	Bueno
MA12/1	El Castell	Fuerte regresión	0,882	Bueno*	Muy bueno
	Cala Sta				
MA12/2	Maria	Fuerte regresión	0,748	Muy bueno	Muy bueno
MA5	Pollença	Expansión**	0,797	Muy bueno	Muy bueno
MA7/2	Can Picafort	Estable	0,512	Aceptable	Bueno
MA9A/2	Cala Millor	Regresión	-	-	Muy bueno

## 7. Referencias

Alcoverro T, Romero J, Duarte CM, López NI (1997) Spatial and temporal variations in nutrient limitation of seagrass *Posidonia oceanica* growth in the NW Mediterranean. Ecology Progress Series 146: 155-161

Calleja M, Marbà N. y Duarte C. M. (2007). The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and porewater sulfide pools in carbonate sediments. Estuarine, Coastal and Shelf Science 73:583-588

Comisión Europea (2007). Introducción directiva marco del agua. [http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro\\_en.htm](http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/info/intro_en.htm)

Duarte (1990). Seagrass nutrient content. Marine Ecology Progress Series. 67:201–207

Fourqurean JW., Zieman JC., Powell GVN (1992) Phosphorus limitation of primary production in Florida Bay: evidence from the C:N:P ratios of the dominant seagrass *Thalassia testudinum*. Limnol Oceanogr 37:162–171

Marbà N., Cebrián J., Enríquez S., Duarte C.M. (1996) Growth patterns of western Mediterranean seagrasses: species-specific responses to seasonal forcing. Marine Ecology Progress Series, 133: 203-215

Marbà, N. y Duarte, C.M. (1998). Rhizome elongation and seagrass clonal growth. Marine Ecology Progress Series 174: 269-280

Marbà N., Hemminga M.A., Mateo M.A., Duarte C.M., Mass Y.E.M., Terrados J. y Gacia E. (2002) Carbon and nitrogen translocation between seagrass ramets. *Marine Ecology Progress Series* 226: 287-300

Martínez, B. (2008) Assessing the status of coastal waters: monitoring tools obtained from the seagrass *Posidonia oceanica* ecosystems. Universitat Barcelona. PhD

Mateo, M. A., J. Romero, M. Pérez, M. M. Littler, D. S. Littler. (1997). Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Estuarine Coastal and Shelf Sciences* 44:103–111.

Romero, J. (1989) Seasonal pattern of *Posidonia oceanica* production: growth, age and renewal of leaves. Boudouresque CF, Meinesz A, Fresi E, Gravez V (eds). GIS Posidonie publ., Fr. International Workshop on *Posidonia* Beds 2, 63-67

Romero J., B. Martínez-Crego, T. Alcoverro, M. Pérez. (2007). A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the water framework directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin* 55:196–204

Zimmerman, R. C., D. G. Kohrs, D. L. Steller, and R. S. Alberte. (1995). Carbon Partitioning in Eelgrass. Regulation by Photosynthesis and the Response to Daily Light-Dark Cycles. *Plant. Physiol.* 108:1665-1671.

## **ANEXO I. Protocolo de muestreo y procesado de muestras**

**En el agua y en cada estación:**

Se disponen, aleatoriamente , 3 transectos de 20m con cinta métrica y una piqueta para inmovilizar la cinta.

1- Para calcular la cobertura de la estación, se indica en la tablilla de trabajo, el sustrato que toca la cinta métrica siguiendo esta clasificación (P= Posidonia, A= arena, MM= mata muerta de Posidonia o Cr= *Caulerpa racemosa* o Cp= *Caulerpa prolifera* (si se observa aunque no sea en el transecto anotarlo en observaciones) con una precisión de 0,1m

2- En dos de los tres transectos se mide la densidad de haces y número de ápices en los metros 0, 5, 10, 15 y 20. Si la densidad es baja contar el cuadrado de 50 cm x 50 cm. Si es muy densa mediremos la densidad de haces en un cuadrado de 25 cm x 25 cm y contaremos los ápices del cuadrado de 50 cm x 50 cm.

3- En observaciones se anotan datos significativos del cuadrado muestreado como puede ser la presencia de otras algas invasoras, el grado de enterramiento de los haces, presencia de residuos, condición de la pradera estimada, etc.

4- Se recolectan 15 haces verticales (rizomas ortótropos) y 9 trozos de ápices (rizomas plagiótropos).

**Procesado de muestras:****a) Medida de la superficie de las hojas / % hojas necrosadas / Epifitos (10 rizomas ortótropos):**

De cada rizoma ortótropo:

1- Medir la longitud de todas las hojas de cada haz (de la más joven a la más vieja) y la anchura de la penúltima hoja de cada haz (para saber la superficie de hoja)

2- Distinguir las hojas necrosadas:

- Necrosadas por ser viejas: medir la longitud.

- Necrosadas por enfermedad (manchas): sacar foto sobre fondo en papel milimetrado indicando la estación.

3- De 3 rizomas ortótropos se rascan los epifitos por separado y se empaquetan en papel de aluminio. Identificar que haz es para cruzarlo con el dato de la superficie foliar.

#### **b) Contenido de Nitrógeno (en hojas y rizomas plagiótropos)**

1- En hojas: Se coge las 2ª hoja más joven (parte verde) de cuatro haces. Si están epifitadas cortar el trozo. Se pueden usar los haces que hemos empleado en medir superficie. Se empaquetan todas juntas –separadas por pliegues del papel de plata en forma de “biombo” y se congelan.

2- En rizomas: se pelan 3 rizomas plagiótropos. Se empaquetar y congelan.

#### **c) Contenido de fosforo (en hojas y rizomas plagiótropos)**

Se repite la metodología como en el nitrógeno.

#### **d) Contenido de Azufre (en hojas y rizomas plagiótropos)**

1- En hojas: se coge la parte verde (previamente desepifitada) de todas las hojas de tres haces distintos. Se meterlas –cada haz por separado- en agua destilada durante 5 min, se empaquetan y congelan todas juntas.

2- En rizomas: se pelan 3 rizomas plagiótropos y se meten en agua destilada durante 5 min, se empaquetan y congelan todos juntos.

#### **e) Carbohidratos no estructurales (en rizomas ortótropos)**

Se coger los 2 primeros cms (los más jóvenes) de cuatro trozos de rizoma ortótropo, se pelan y se congelan juntos.

**ANEXO II. Protocolo de análisis de S total y <sup>34</sup>S en tejidos vegetales**

# ISO-ANALYTICAL LAB

## Sample Preparation

Prior to analysis, the samples were removed from the foil packaging and any traces of mould were brushed off the surface using a nylon brush. The cleaned samples were then placed in clean, clear glass vials and placed in a drying oven for a period of no less than 48 hours. After this time the samples were ground, in situ, to powder for analysis.

## Sulphur-34 Analysis

Analysis was undertaken by EA-IRMS. Tin capsules containing reference or sample material plus vanadium pentoxide catalyst were loaded into an automatic sampler. From where they were dropped, in sequence, into a furnace held at 1080° C and combusted in the presence of oxygen. Tin capsules flash combust, raising the temperature in the region of the sample to ~ 1700° C. The combusted gases are then swept in a helium stream over combustion catalysts (tungstic oxide/zirconium oxide) and through a reduction stage of high purity copper wires to produce SO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, and water. Water is removed using a Nafion™ membrane. Sulfur dioxide is resolved from N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> on a packed GC column at a temperature of 45 °C. The resultant SO<sub>2</sub> peak enters the ion source of the IRMS where upon it is ionized and accelerated. Gas species of different mass are separated in a magnetic field then simultaneously measured on a Faraday cup universal collector array. Analysis was based on monitoring of *m/z* 48, 49 and 50 of SO<sup>+</sup> produced from SO<sub>2</sub> in the ion source.

## Reference Standards

The reference material used for analysis was IA-R036 (Iso-Analytical working reference standard, barium sulphate,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +20.74 \text{ ‰}$ ). IA-R026 (Iso-Analytical working reference standard, silver sulphide,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = 3.96 \text{ ‰}$ ), IA-R025 (Iso-Analytical working reference standard, barium sulphate,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +8.53 \text{ ‰}$ ) and IA-R036 were used for calibration and correction of the <sup>18</sup>O contribution to the SO<sup>+</sup> ion beam.

IA-R025, IA-R026 and IA-R036 are calibrated and traceable to NBS-127 (barium sulphate,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = +20.3 \text{ ‰}$ ).

Test samples of IA-R025, IA-R026, IA-R027 (Iso-Analytical working reference standard, Blue Whale Baleen,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = 16.30 \text{ ‰}$ ), IA-R036 and IAEA-SO-5 (Barium Sulphate,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{V-CDT}} = 0.50 \text{ ‰}$ ) were also measured as a quality control check samples during analysis of your sample.

The International Atomic Agency, Vienna, distributes NBS-127 and IAEA-SO-5 as international reference standards.