



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

**Monitoreo y Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. Año 2017.**



UTE CBBA - FOA



 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

### **Dirección del Proyecto:**

Juan Francisco Mir Massanet, Licenciado en Biología

Fernando Orozco Conti, Licenciado en Biología

### **Equipo redactor:**

- M<sup>a</sup> del Mar Santandreu García, Licenciada en Biología, Máster en Oceanografía, Máster en Ecología Marina
- Benjamí Reviriego Riudavets, Licenciado en Biología
- Jaume Medina, Licenciado en Geografía

### **Trabajo de campo:**

- Benjamí Reviriego Riudavets, Licenciado en Biología.
- Joan Llop Garau, Licenciado en Geografía
- M<sup>a</sup> del Mar Santandreu García, Licenciada en Biología, Máster en Oceanografía, Máster en Ecología Marina
- Jaime Sintés Vila, Licenciado en Ciencias del Mar
- Jesus Velasco Lomba, Buzo Profesional y Patrón Profesional
- María Evelia Benjumea Tesouro, Licenciada en Ciencias del Mar, Máster en Oceanografía
- Rachael Adams, Bachelor of Science (Zoology), Master of Science (Maine Biology)



# Índice

Resumen.....	pág. 1
Introducción.....	pág. 3
Objetivo.....	pág. 20
Material y Métodos.....	pág. 21
Material utilizado.....	pág. 21
Desarrollo del muestreo.....	pág. 24
Análisis en el laboratorio.....	pág. 31
Procesado de los datos y cálculo del EQR.....	pág. 34
Resultados.....	pág. 37
Estructura de la pradera.....	pág. 38
Cobertura.....	pág. 38
Densidad.....	pág. 40
Haces plagiotropos.....	pág. 41
Fenología.....	pág. 42
Descriptores químicos.....	pág. 44
Contenido de nitrógeno .....	pág. 44
Relación isotópica del <sup>15</sup> N.....	pág. 47
Contenido de fósforo.....	pág. 49
Contenido de Azufre y $\delta^{34}\text{S}$ .....	pág. 50
Concentración de carbohidratos no estructurales.....	pág. 55
Clasificación del estado ecológico de las masas de agua costeras de Baleares.....	pág. 58
Anexo 1. Análisis de los resultados actuales según criterios de estudios anteriores.....	pág. 70
Anexo 2. Tabla de resultados de los descriptores estructurales y fenológicos.....	pág. 78
Anexo 3. Tabla de resultados de los descriptores químicos .....	pág. 84
Anexo 4. Representación gráfica del estado ecológico de las masas de agua costeras aplicando el método POMI 11.....	pág. 88
Índice de tablas, figuras e imágenes.....	pág. 89
Bibliografía.....	pág. 95

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

## Resumen.

Durante los meses de octubre del 2017 a enero del 2018 se han muestreado todas las masas de agua costeras de la Demarcación Hidrográfica Intracomunitaria de las Illes Balears (DHIB) para evaluar su estado ecológico utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica* y de acuerdo a los preceptos expresados en la *Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas*.

Las masas de agua costeras en la DHIB se dividen en 37 unidades, incluida la masa de agua muy modificada por la presencia del Port de Maó, de las que 18 están en Mallorca, 5 en Menorca y 14 en Ibiza y Formentera.

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, porcentaje de hojas necrosadas y longitud foliar necrosada por haz), químicos (concentración de nitrógeno, fósforo y azufre total en hojas y rizomas, concentración de nitrógeno en epifitos foliares y la abundancia isotópica de  $^{15}\text{N}$  y  $^{34}\text{S}$  en hojas y rizomas) y fisiológicos (concentración de carbohidratos, sacarosa y almidón, no estructurales en rizomas) en praderas de *Posidonia oceanica* de un total de 76 estaciones distribuidas en la costa balear. Ésta es la tercera ocasión en que se acomete este trabajo. Como novedad respecto a las dos ocasiones anteriores, desarrolladas en 2005/06 y 2007/08, en que sólo se había considerado la del puerto de Maó, se han incluido las masas de agua muy modificadas por la presencia de los puertos de Palma, Alcúdia, Eivissa y la Savina.

Para clasificar el estado ecológico de las masas de agua costeras de las Illes Balears se ha utilizado el índice multivariante POMI (Posidonia Oceanica Multivariable Index). Los descriptores para realizar el análisis multivariante de componentes principales (PCA) fueron seleccionados basándose en el trabajo original de Romero *et al.* (2007) en el que se definió dicho índice. Durante los dos ejercicios anteriores se realizó una modificación de dicho método para adaptarlo a las praderas de las Illes Balears, en el cual se seleccionaron 5 descriptores de los 14 propuestos en la metodología original. Por eso, en el presente estudio, además de establecer el estado ecológico utilizando 11 descriptores de la metodología original (tal como aparece en el pliego de prescripciones técnicas del contrato), en aras de permitir la comparación de la situación actual con esos ejercicios anteriores, se ha calculado el índice POMI utilizando los 5 seleccionados en esos ejercicios (Anexo 1), al que habrá que recurrir para realizar dicha comparación.

Según este índice, 2 masas de agua (4 estaciones) han presentado un estado "Deficiente", 4 masas de agua (12 estaciones) el de "Aceptable", 26 masas (54 estaciones) el de "Bueno" y tan solo 3 masas de agua (6 estaciones) el de "Muy bueno". En comparación con los estudios realizados anteriormente, el estado

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

ecológico de las masas de agua de la DHIB en general ha empeorado, disminuyendo el número de estaciones que tenían un estado ecológico de “Bueno” o “Muy Bueno” y aumentado el número de las categorías de “Aceptable” y “Deficiente”.

## Introducción.

En el año 2000 se aprobó la Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, del 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), popularmente conocida como Directiva Marco del Agua (DMA). Desde entonces, dicha norma preside la gestión de las aguas de la Unión Europea y establece un marco comunitario para la protección de las aguas superficiales continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas.

Entre los objetivos de la normativa se encuentra prevenir y reducir la contaminación, promover el uso sostenible del agua, proteger el medio ambiente, mejorar la situación de los ecosistemas acuáticos, atenuar los efectos de las inundaciones y sequías y, en última instancia, alcanzar un «buen estado» ecológico y químico de todas las aguas comunitarias. Para ello se pretende cumplir 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.

Con el objetivo de conseguir esas metas 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.
- (3) Proteger y mejorar todas las masas de agua, con el objeto de lograr un buen potencial ecológico y un buen estado químico de las aguas superficiales.
- (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.

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

Para clasificar el estado ecológico de las masas de agua superficial se aplicarán los indicadores de los elementos de calidad biológicos; químicos y fisicoquímicos de soporte a los elementos de calidad biológicos y hidromorfológicos de soporte a los elementos de calidad biológicos más apropiados.

El estado ecológico de las masas de agua costeras debe clasificarse según 5 categorías de estado (DIRECTIVA 2000/60/CE):

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

**Tabla 1. Clasificación el estado ecológico de las masas de agua costeras.**

<p><b>Muy bueno</b></p>	<p>“No existen alteraciones antropogénicas de los valores de los indicadores de calidad fisicoquímicos e hidromorfológicos 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”.</p>
<p><b>Bueno</b></p>	<p>“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”.</p>
<p><b>Aceptable</b></p>	<p>“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”.</p>
<p><b>Deficiente</b></p>	<p>“Aguas que muestren indicios de alteraciones importantes de los valores de los indicadores de calidad biológicos 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”.</p>
<p><b>Malo</b></p>	<p>“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.”</p>

La DMA define en su Artículo 2, apartado 7, las aguas costeras 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”*.

De acuerdo con esto, el límite exterior de las aguas costeras es 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 (Real Decreto 2510/1997), y el límite interno quedaría definido por las pleamares vivas equinocciales o, en su caso, los límites externos definidos para las aguas transición.

En la Demarcación Hidrográfica Intracomunitaria de las Illes Balears se dan dos casos opuestos de líneas de base. En un primer caso, la línea de base coincide con bastante aproximación con la línea de costa (pleamares vivas equinocciales), por lo que la definición del límite exterior de las masas de agua costeras en este caso consistiría en construir una línea cuya totalidad de puntos se encuentra a una distancia de una milla náutica mar adentro. En un segundo caso, la línea de base en determinados tramos de costa es una línea recta que une cabos geográficos sobresalientes, por lo que en este caso, el límite exterior de las masas de agua costeras será independiente de la distancia a la costa, y se extenderá mar adentro una milla náutica a partir de esa línea de base. Para mantener la homogeneidad morfológica de las masas de agua costeras, en el documento RESUMEN EJECUTIVO DE LOS ARTÍCULOS 5 Y 6 DE LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA (2005), se definieron 31 masas de agua costeras delimitadas según el primer caso. Para respetar la definición de masa de agua costera establecida en la DMA, en la memoria del Plan Hidrológico de 2010 se añadieron 6 nuevas masas de agua costeras, denominadas profundas, delimitadas según el segundo caso.

La clasificación inicial de las masas de agua costeras se realizó teniendo en cuenta los descriptores profundidad y naturaleza del sustrato, con lo que se establecieron las siguientes cinco tipologías:

**Tabla 2. Tipologías de masas de agua costeras.**

Tipología
Costa rocosa somera (M1)
Costa rocosa profunda (M2)
Costa sedimentaria somera (M3)
Costa sedimentaria profunda (M4)
Masa costera muy profunda (Cp)

La clasificación de cada masa de agua en un determinado tipo, se realiza en función de los valores que presentan en cada masa, en condiciones naturales, las variables que definen la tipología, quedando clasificadas tal y como muestra la siguiente tabla:

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

**Tabla 3. Clasificación de masas de agua en función de su tipología.**

Código	Denominación	Profundidad (m)	Sustrato
AC-T22	Aguas costeras rocosas profundas	>40	Rocoso
AC-T23	Aguas costeras sedimentarias profundas	>40	Sedimentario
AC-T24	Aguas costeras sedimentarias someras	<40	Sedimentario
AC-T30	Aguas profundas D.H. de las Illes Balears	>40	Rocoso/sedimentario

En el caso de las aguas costeras españolas del Mediterráneo, se ha basado en la relación directa con la salinidad. De esta manera, se ha propuesto una nueva definición, basada en la salinidad media anual, redefiniendo la tipificación de las aguas costeras con tres nuevos tipos, que presentan diferente grado de influencia continental. Por lo que, según esta nueva tipificación, la totalidad de las masas de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears se hallan englobadas en el Tipo IIIW, correspondiente a las zonas insulares sin influencia continental del Mediterráneo occidental.

Así, siguiendo estos criterios, se han diferenciado las 37 masas de agua costeras que se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4. Masas de agua costeras de las Illes Balears.**

Código	Nombre	Área (km <sup>2</sup> )
MAMC01M2	Cala Falcó a Punta Negra	83,9
MAMC02M3	Badia de Santa Ponça	10,2
MAMC03M2	Punta Negra a illa de Formentor	208,5
MAMC04M2	Badia de Sóller	3,6
MAMC05M3	Badia de Pollença	40,3
MAMC06M2	Cap Pinar a illa d'Alcúdia	21,5
MAMC07M3	Badia d'Alcúdia	44,3

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

<b>MAMC08M3</b>	Colònia de Sant Pere a Cap de Capdepera	53,3
<b>MAMC09M3</b>	Cap de Capdepera a Portocolom	125,8
<b>MAMC10M2</b>	Punta des Jonc a Cala Figuera	26,7
<b>MAMC11M3</b>	Cala Figuera a Cala Beltran	81,5
<b>MAMC12M2</b>	Cabrera	67,7
<b>MAMC13M2</b>	Cala Beltran a Cap de Regana	23,2
<b>MAMC14M3</b>	Cap de Regana a Cap Enderrocat	14,6
<b>MAMC15M3</b>	Cap de Enderrocat a Cala Major	38,3
<b>MAMC16M3</b>	Cala Major a Cala Falcó	25,8
<b>MAMCp01</b>	Cabrera i Sud de Mallorca	909,6
<b>MAMCp02</b>	Nord de Mallorca	278,9
<b>MEMC01M2</b>	Cap de Bajolí a Punta Prima	231,3
<b>MEMC02M3</b>	Badia de Fornells	4,9
<b>MEMC03M3</b>	Port de Maó	7,7
<b>MEMC04M4</b>	Punta Prima a Punta de na Bruna	174,5
<b>MEMC05M2</b>	Punta de na Bruna a Cap de Bajolí	60,1
<b>EIMC01M2</b>	Punta Jondal a Cap Mossos	131,8
<b>EIMC02M4</b>	Badia de Sant Antoni de Portmany	9,9
<b>EIMC03M4</b>	Cap des Mossos a Punta Grossa	62,5

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

<b>EIMC04M4</b>	Punta Grossa a Cala Llenya	33,0
<b>EIMC05M3</b>	Cala Llenya a Punta Blanca	22,6
<b>EIMC06M4</b>	Punta Blanca a Punta des Andreus	20,0
<b>EIMC07M3</b>	Punta des Andreus a Punta de sa Mata	16,4
<b>EIMCp01</b>	Es Vedrà a illes de s'Espartar i Bledes	27,9
<b>EIMCp02</b>	Illes Bledes i Conillera a ses Torretes	30,8
<b>EFMC08M4</b>	Els Freus d'Eivissa i Formentera	122,7
<b>EFMCp03</b>	Illa de Tagomago a Punta Far de sa Mola	419,8
<b>EFMCp04</b>	Cap de Barbaria a es Vedrà	203,3
<b>FOMC09M3</b>	Punta de sa Gavina a Punta de ses Pesqueres	74,9
<b>FOMC10M2</b>	Punta de ses Pesqueres a Punta de ses Pedreres	29,6

A continuación, se muestra la zonificación de cada una de las 37 masas de agua costeras de las Illes Balears. En Mallorca se definen un total de 18 masas (Figura 1) 5 en Menorca (Fig. 2) y 14 en las Pitiüses - Eivissa y Formentera (Fig. 3).



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia*  
*oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA

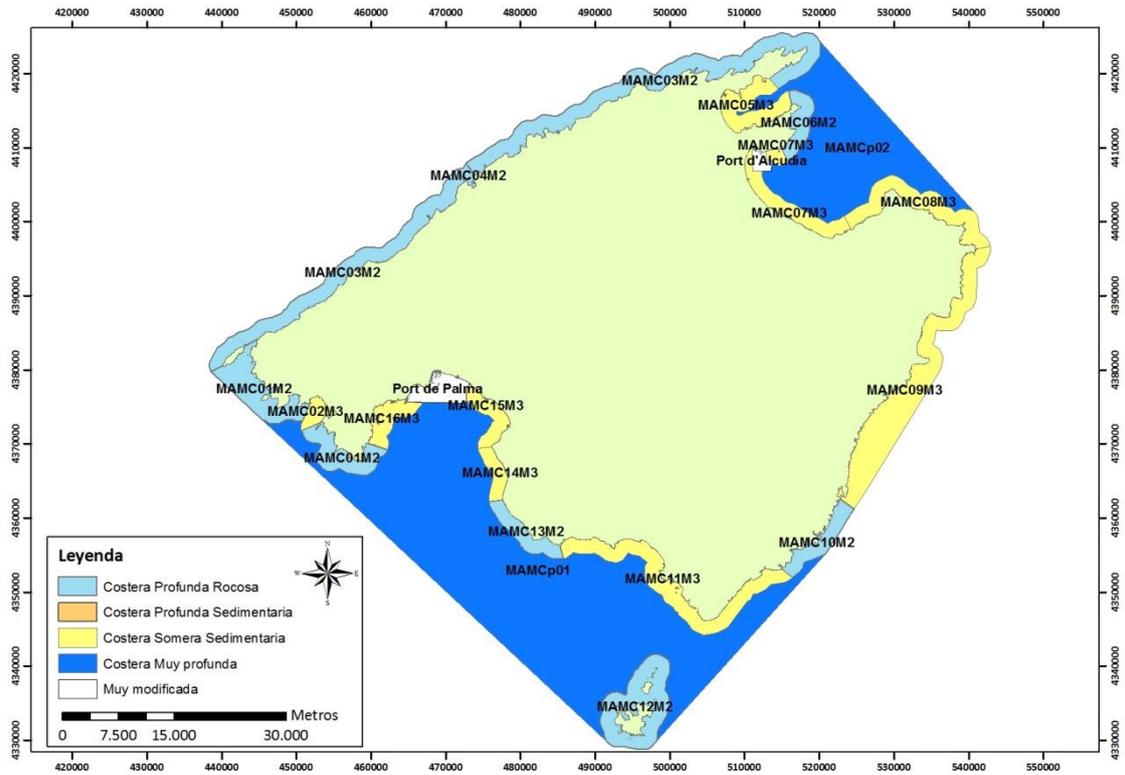


Figura 1. Distribución de las masas de agua costeras de las Illes Balears: Mallorca.



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia*  
*oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA

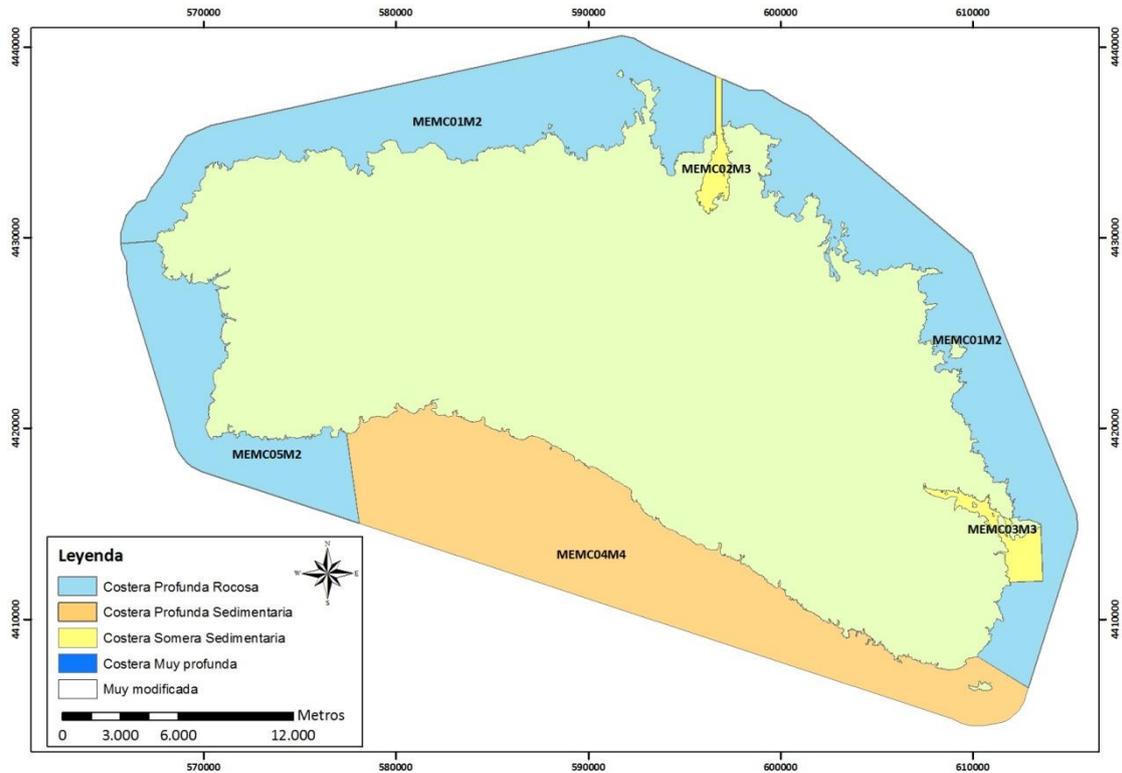


Figura 2. Distribución de las masas de agua costeras de las Illes Balears: Menorca

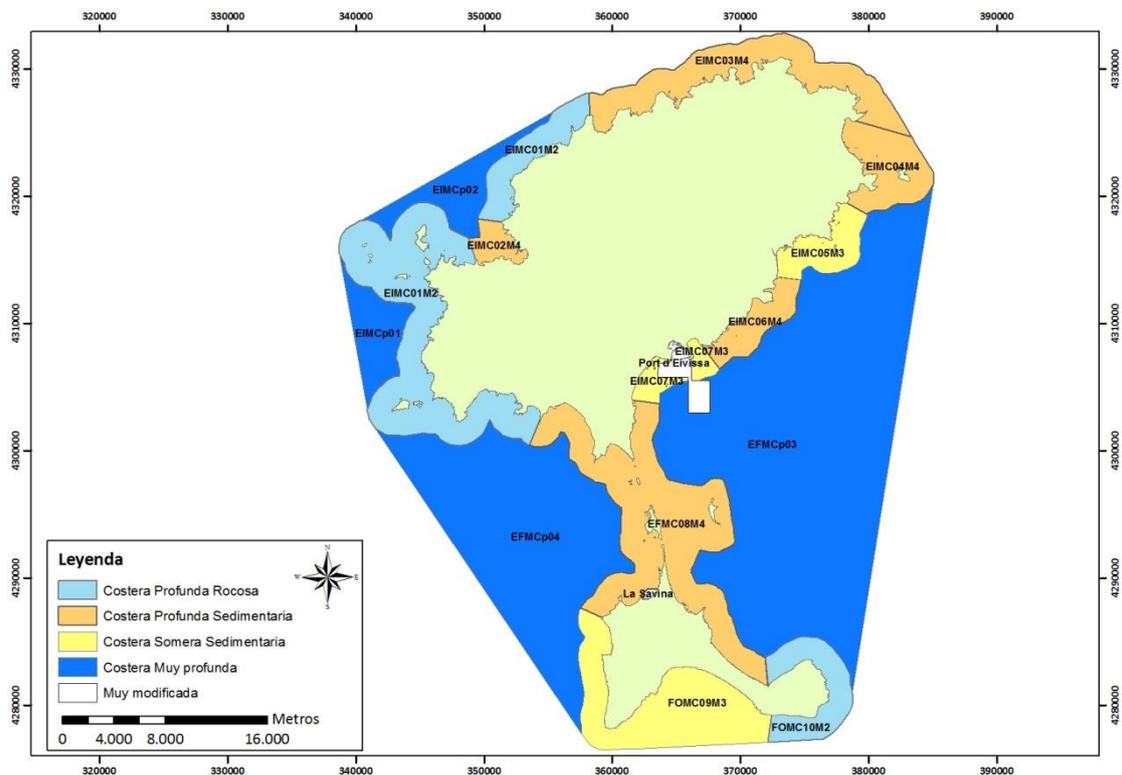


Figura 3. Distribución de las masas de agua costeras de las Illes Balears: Eivissa y Formentera.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p>  <p>Centre Balear de Biologia Aplicada <b>CBBA</b> <b>FOA</b> ambiental s.l.</p>
--	--	--

Además, a estas 37 hay que sumarles las masas de agua muy modificadas por la presencia de puertos, definiéndose así un total de 41 masas de agua costeras.

Tabla 5. Área de las masas de agua muy modificadas por la presencia de los puertos comerciales más importantes de las islas Baleares.

Código	Nombre	Área (km <sup>2</sup> )
MAMCM01	Port de Palma	24,2
MAMCM02	Port d'Alcúdia	6,3
MEMC03M3	Port de Maó	7,7
EIMCM01	Port d'Eivissa	9,2
FOMCM01	Port de la Savina	0,6

Para determinar el estado ecológico de las aguas costeras del mar Mediterráneo, la Directiva Marco contempla 4 indicadores de calidad biológica, entre los que se encuentra el estado de las praderas de angiospermas marinas.

Las angiospermas marinas son las únicas plantas superiores capaces de completar su ciclo vital entero dentro del agua. Para ello han tenido que desarrollar singulares adaptaciones ecológicas, morfológicas y fisiológicas, como por ejemplo el transporte interno de gases o la polinización y dispersión submarina (Orth *et al.*, 2006). Las praderas de angiospermas marinas requieren niveles de luz mucho más altos que otras especies vegetales marinas ya que deben proporcionar oxígeno a sus raíces y rizomas que a menudo se encuentran en sedimentos altamente reductores (Terrados *et al.*, 1999). Debido a estos altos requerimientos de luz, son altamente sensibles a los cambios en la claridad del agua (Orth *et al.*, 2006).

En los últimos años se ha documentado un proceso de regresión y pérdida de los sistemas dominados por angiospermas marinas a nivel mundial (Short y Wyllie-Echevarría, 1996), atribuyéndose dicha pérdida a diferentes actividades humanas.

La vulnerabilidad e importancia de las praderas de angiospermas marinas ha sido reconocida en los últimos años con su inclusión en la Directiva de Hábitats (92/43/ECC y 97/62/EC) como parte de los esfuerzos de conservación de la UE y como indicador biológico de la calidad de aguas costeras en la Directiva Marco de Aguas de la UE (2000/60/CE)

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

Además, se encuentran recogidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial (Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero) y en la Lista de especies en peligro o amenazadas (Entrada en vigor de las Enmiendas a las listas de los Anexos II y III del Protocolo sobre zonas especialmente protegidas y la diversidad biológica en el Mediterráneo (Boletín Oficial del Estado nº 302, de 18 de diciembre de 1999), adoptadas en Marrakech el 5 de noviembre de 2009 mediante Decisión IG.19/12).

La Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad establece en su artículo 53 la obligación de crear el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial, el cual está desarrollado por el estado, previa consulta a las comunidades autónomas. Incluye las especies, subespecies y poblaciones que requieren una protección especial.

La misma Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad obliga, en su artículo 55, a la creación del Catálogo Español de Especies Amenazadas, que incluye los taxones o poblaciones amenazados, con dos posibles categorías:

1. En peligro de extinción
2. Vulnerable.

El Listado y el Catálogo son registros públicos de carácter administrativo, de ámbito estatal y tienen carácter básico, es decir, las comunidades autónomas pueden establecer otros listados y catálogos complementarios.

El artículo 54 de la Ley del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad establece las Prohibiciones para las especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial en los siguientes términos:

1. La inclusión en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial de una especie, subespecie o población conlleva las siguientes prohibiciones genéricas:
  - a) Tratándose de plantas, hongos o algas, la de recogerlas, cortarlas, mutilarlas, arrancarlas o destruirlas intencionadamente en la naturaleza.
  - b) Tratándose de animales, incluidas sus larvas, crías, o huevos, la de cualquier actuación hecha con el propósito de darles muerte, capturarlos, perseguirlos o molestarlos, así como la destrucción o deterioro de sus nidos, vivares y áreas de reproducción, invernada o reposo.
  - c) En ambos casos, la de poseer, naturalizar, transportar, vender, comerciar o intercambiar, ofertar con fines de venta o intercambio, importar o exportar ejemplares vivos o muertos, así como sus propágulos o restos, salvo en los casos que reglamentariamente se determinen. Estas prohibiciones se aplicarán a todas las fases del ciclo biológico de estas especies, subespecies o poblaciones.
2. Las Comunidades autónomas establecerán un sistema de control de capturas o muertes accidentales y, a partir de la información recogida en el mismo, adoptarán las medidas necesarias para que éstas no tengan repercusiones negativas importantes en las especies incluidas en el Listado de Especies en Régimen de Protección Especial, y se minimicen en el futuro.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

Por su parte, el Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas, en su Artículo 2, Definiciones, expone lo siguiente:

8. Especie silvestre en régimen de protección especial: especie merecedora de una atención y protección particular en función de su valor científico, ecológico y cultural, singularidad, rareza, o grado de amenaza, argumentado y justificado científicamente; así como aquella que figure como protegida en los anexos de las directivas y los convenios internacionales ratificados por España, y que por cumplir estas condiciones sean incorporadas al Listado.

En el ANEXO del Real Decreto 139/2011, donde se relacionan las Especies incluidas en el Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y en su caso, en el Catálogo Español de Especies Amenazadas, se incluye la especie *Posidonia oceanica* en el listado, junto a la cual aparece la siguiente nota: Las comunidades autónomas, o en su caso, la Administración General del Estado podrán reglamentar las operaciones de anclaje de embarcaciones u otras similares.

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

Las praderas *Posidonia oceanica* son muy sensibles a los impactos originados por las actividades humanas y reaccionan con respuestas biológicas y ecológicas a distintas escalas, por lo que son buenos indicadores de la magnitud de estas presiones. Entre todos los impactos antropogénicos que amenazan a las praderas de angiospermas marinas, la eutrofización se considera una de las principales causa de su declive (Hemminga y Duarte, 2000).

Al ser el Mediterráneo un mar oligotrófico, si los nutrientes se mantuvieran en concentraciones estables, podrían tener un efecto beneficioso sobre el crecimiento de las angiospermas (Alcoverro *et al.* 1997). La eutrofización conlleva una disminución en la cobertura de las praderas, bien debido al aumento en el crecimiento de macroalgas o fitoplancton de rápido crecimiento (efecto indirecto, Brun *et al.*, 2002), lo que provoca una disminución en la transparencia del agua y por lo tanto, una disminución de la penetración de la luz (Brun *et al.*, 2003), y un incremento de materia orgánica en el sedimento, lo que reduce los niveles de oxígeno, aumentando el riesgo de acumulación de sulfuro en las plantas; o bien un efecto directo tóxico por parte de alguno de los nutrientes implicados, principalmente amonio (van Katwijk *et al.*, 1997, Brun *et al.*, 2002) 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, los dragados y vertidos de material dragado, pueden cambiar el balance sedimentario, por cambios en las corrientes o por aporte directo de sedimento en el sistema, lo que puede afectarlas las praderas por enterramiento o desenterramiento. Otros factores perturbadores están relacionados con la destrucción física y directa, como ocurre con

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

la pesca de arrastre o el fondeo masivo con ancla. 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.

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

- su alta sensibilidad a las perturbaciones (disminución de la transparencia del agua, eutrofización, contaminación, erosión, efectos mecánicos),
- su amplia distribución a lo largo las costas mediterráneas,
- la gran cantidad de conocimientos que se tiene sobre la biología y la ecología de la especie, en las respuestas específicas de la planta y del 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 el grupo de intercalibración para el Mediterráneo MED-GIG de la DMA, dentro de la Estrategia Común de Implementación establecida en la propia DMA, es el índice multivariante POMI (Romero *et al.*, 2007). Según su planteamiento inicial, este método considera 14 descriptores de la pradera, entre estructurales, fenológicos y bioquímicos, que se combinan para establecer un valor de estado ecológico.

En el primer ciclo de planificación hidrológica se desarrollaron dos estudios para el establecimiento del estado ecológico de las masas de agua costeras de la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears. En esos dos ejercicios se realizó una modificación de dicho método, en el cual se seleccionaron 5 descriptores de los 14 propuestos en la metodología original.

Por otro lado, se desarrolló un ejercicio de intercalibración (Mediterranean Sea GIG: Coastal Waters – Seagrasses, 2013) entre diferentes estados miembros, en el que se consideró diferenciar las praderas insulares de *Posidonia oceanica* de las continentales, estableciendo condiciones de referencia diferenciadas. También se estableció una simplificación del método POMI, pasando de 14 descriptores a 9.

En el actual estudio se ha procedido a determinar el índice POMI a partir de la totalidad de los descriptores que se exigieron en el pliego de prescripciones técnicas de la licitación del contrato (11 descriptores).

Además, para que la comparación con los ejercicios anteriores fuera lo más rigurosa posible, también se ha calculado el índice POMI 5, teniendo en cuenta solamente los 5 descriptores utilizados en las dos ocasiones anteriores en que se aplicó esta metodología en la DHIIB.

A modo de resumen, los descriptores utilizados en cada una de las alternativas del POMI que se han comentado son los siguientes:

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p>  <p>Centre Balear de Biologia Aplicada FOA ambiental s.l.</p>
--	--	---

**Tabla 6. Descriptores utilizados para cada alternativa del método POMI.**

POMI 14 versión inicial, Romero <i>et al.</i> , 2007	POMI 5 Estudios IMEDEA 2005-2006/2008-2009	POMI 9 Mediterranean Sea GIG: Coastal Waters – Seagrasses, 2013	POMI 11 Estudio actual 2017
Densidad de haces		Densidad de haces	Densidad de haces
Cobertura	Cobertura	Cobertura	Cobertura
% haces plagiotropicos			% haces plagiotropicos
Superficie foliar por haz		Superficie foliar por haz	Superficie foliar por haz
Porcentaje de necrosis foliar		Porcentaje de necrosis foliar	Porcentaje de necrosis foliar
Contenido en N en rizomas	Contenido en N en rizomas		Contenido en N en rizomas
Contenido en P en rizomas	Contenido en P en rizomas		Contenido en P en rizomas
Contenido en azúcares en rizomas		Contenido en azúcares en rizomas	Contenido en azúcares en rizomas
Relación de N isotópico ( $d^{15}N$ ) en rizomas	Relación de N isotópico ( $d^{15}N$ ) en rizomas	Relación de N isotópico ( $d^{15}N$ ) en rizomas	Relación de N isotópico ( $d^{15}N$ ) en rizomas
Relación de S isotópico ( $d^{34}S$ ) en rizomas	Relación de S isotópico ( $d^{34}S$ ) en rizomas	Relación de S isotópico ( $d^{34}S$ ) en rizomas	Relación de S isotópico ( $d^{34}S$ ) en rizomas
Contenido en N en epífitos		Contenido en N en epífitos	Contenido en N en epífitos
Contenido en Cu en rizomas			
Contenido en Pb en rizomas		Contenido en Pb en rizomas	
Contenido en Zn en rizomas			

El primer estudio se desarrolló durante el bienio 2005-2006, y en él se muestrearon 29 de las 31 masas de agua costera que estaban definidas en ese momento por la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears, representadas por un total de 58 estaciones de muestreo.

El segundo estudio se desarrolló en el bienio 2008-2009, y en él se abarcaron 34 de las 37 masas de agua costera que estaban definidas entonces para la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears, representadas por 73 estaciones de muestreo.

En la actualidad, según el Plan Hidrológico 2015-2021, en la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears existen definidas 37 masas de agua costeras, las cuales incluyen la masa MEMC03M3 (Port de Maó).

Las zonas de servicio de los puertos de interés general se subdividen en dos zonas: la Zona I, o interior de las aguas portuarias, que abarcará los espacios incluidos dentro de los diques de abrigo y las zonas necesarias para las maniobras de atraque y de reviro, y la Zona II, o exterior de las aguas portuarias, que abarcará las zonas de entrada,

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

maniobra y posible zonas de fondeo subsidiarias del puerto correspondiente (art. 15.7 de la Ley 27/1992, de 24 de noviembre). De esta manera, según esta definición las zonas II de los puertos de interés general no están al abrigo de estructuras de protección, por lo que mantienen unas condiciones hidrográficas semejantes a las masas de agua costeras. Sin embargo, al considerarse masas de agua muy modificadas, y salvo la correspondiente al Port de Maó, habían sido excluidas de los monitoreos desarrollados.

Por las razones anteriores, en esta propuesta metodológica se consideró conveniente incluir en el monitoreo las masas de agua portuarias pendientes de verificación de su identificación preliminar, añadiendo la zona II de los puertos de Palma, Alcúdia, Eivissa y la Savina, a la ya monitoreada anteriormente correspondiente a la zona II del Port de Maó.

Por otra parte, no todas las masas de agua definidas tienen una profundidad mínima compatible con la vida de las fanerógamas, extremo que se comprobó a partir de la cartografía oficial de praderas de *Posidonia oceanica*, disponible en el visor de la IDEIB (*Infraestructura de Dades Espacials de les Illes Balears*). Por tanto, las 6 masas de aguas profundas quedaron excluidas del monitoreo.

A continuación, la tabla 6 muestra el número de estaciones determinadas para cada una de las masas de agua costeras, sumando un total de 76 estaciones de muestreo:

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	---	--

Tabla 7. Estaciones de muestreo definidas en las masas de agua para la campaña de 2017

Código	Nombre	Número de estaciones
MAMC01M2	Cala Falcó a Punta Negra	5
MAMC02M3	Badia de Santa Ponça	1
MAMC03M2	Punta Negra a illa de Formentor	3
MAMC04M2	Badia de Sóller	1
MAMC05M3	Badia de Pollença	3
MAMC06M2	Cap Pinar a illa d'Alcúdia	1
MAMC07M3	Badia d'Alcúdia	3
MAMC08M3	Colònia de Sant Pere a Cap de Capdepera	2
MAMC09M3	Cap de Capdepera a Portocolom	4
MAMC10M2	Punta des Jonc a Cala Figuera	2
MAMC11M3	Cala Figuera a Cala Beltran	3
MAMC12M2	Cabrera	3
MAMC13M2	Cala Beltran a Cap de Regana	2
MAMC14M3	Cap de Regana a Cap Enderrocat	2
MAMC15M3	Cap de Enderrocat a Cala Major	2
MAMC16M3	Cala Major a Cala Falcó	1
MAMCp01	Cabrera i Sud de Mallorca	0

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

<b>MAMCp02</b>	Nord de Mallorca	0
<b>Port de Palma</b>	Port de Palma	1
<b>Port d'Alcúdia</b>	Port d'Alcúdia	1
<b>MEMC01M2</b>	Cap de Bajolí a Punta Prima	5
<b>MEMC02M3</b>	Badia de Fornells	1
<b>Port de Maó</b>	Port de Maó	1
<b>MEMC04M4</b>	Punta Prima a Punta de na Bruna	4
<b>MEMC05M2</b>	Punta de na Bruna a Cap de Bajolí	2
<b>EIMC01M2</b>	Punta Jondal a Cap Mossons	4
<b>EIMC02M4</b>	Badia de Sant Antoni de Portmany	1
<b>EIMC03M4</b>	Cap des Mossons a Punta Grossa	2
<b>EIMC04M4</b>	Punta Grossa a Cala Llenya	2
<b>EIMC05M3</b>	Cala Llenya a Punta Blanca	1
<b>EIMC06M4</b>	Punta Blanca a Punta des Andreus	2
<b>EIMC07M3</b>	Punta des Andreus a Punta de sa Mata	2
<b>EIMCp01</b>	Es Vedrà a illes de s'Espartar i Bledes	0
<b>EIMCp02</b>	Illes Bledes i Conillera a ses Torretes	0
<b>EFMC08M4</b>	Els Freus d'Eivissa i Formentera	4
<b>EFMCp03</b>	Illa de Tagomago a Punta Far de sa Mola	0

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

<b>EFMCp04</b>	Cap de Barbaria a es Vedrà	0
<b>FOMC09M3</b>	Punta de sa Gavina a Punta de ses Pesqueres	2
<b>FOMC10M2</b>	Punta de ses Pesqueres a Punta de ses Pedreres	1
<b>Port de la Savina</b>	Port de la Savina	1
<b>Port d'Eivissa</b>	Port d'Eivissa	1

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

## Objetivo.

---

El objetivo de este proyecto es evaluar la calidad ambiental de las masas de agua costeras de las islas Baleares utilizando como indicador biológico la calidad de las praderas de *Posidonia oceanica*, siguiendo las indicaciones establecidas por la Directiva Marco del Agua 2000/60/EC.

Se pretende también comparar el estado ecológico que se obtuvo durante los periodos 2005/2006 y 2007/2008 en los que también se realizó el estudio.

El estado ecológico de las masas de agua costeras de Baleares se evalúa empleando el índice multivariante POMI.



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia*  
*oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA



## Material y métodos.

### Material utilizado.

Para la realización de este trabajo se contó con tres embarcaciones ligeras cuyas características se pueden ver a continuación:



**Nombre:** POCO MAS

**Modelo:** Capelli Tempest 625 WORK

**Tipo:** Neumática semi-rígida

**Eslora:** 6,25m; **Manga:** 2,60m; **Calado:** 0,60m

**Velocidad de crucero:** >20 nudos

**Casco:** Semirígido

**Motor:** Fuera Borda SUZUKI 150 Hp

**Equipamiento:** Toldo, equipamiento de seguridad, bomba de achique automática, palo homologado con luz obligatoria.

**Comunicaciones:** Radio VHF con GMDSS



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia*  
*oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA



**Nombre:** Chromis IV

**Modelo:** HSF 535

**Tipo:** Neumática semi-rígida

**Eslora:** 5,35m; **Manga:** 2,12m; **Calado:** 0,45m

**Velocidad de crucero:** >15 nudos

**Casco:** Semirígido

**Motor:** Fuera Borda SUZUKI 50 Hp

**Equipamiento:** Toldo, equipamiento de seguridad, bomba de achique automática, palo homologado con luz obligatoria.

**Comunicaciones:** Radio VHF con GMDSS



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

**Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. Año 2017.**

UTE CBBA - FOA



**Nombre:** Chromis V

**Modelo:** HSF 535

**Tipo:** Neumática semi-rígida

**Eslora:** 5,35m; **Manga:** 2,12m; **Calado:** 0,45m

**Velocidad de crucero:** >15 nudos

**Casco:** Semirígido

**Motor:** Fuera Borda SUZUKI 50 Hp

**Equipamiento:** Toldo, equipamiento de seguridad, bomba de achique automática, palo homologado con luz obligatoria.

**Comunicaciones:** Radio VHF con GMDSS

Para llevar a cabo el muestreo se movilizó un total de 7 personas, distribuidas en dos equipos de mínimo 3 personas cada uno, en sendas embarcaciones. Cada miembro del personal técnico contaba con un equipo de buceo autónomo disponible a bordo. Para poder realizar el muestreo, dos técnicos realizaban la inmersión y uno siempre permanecía en la embarcación por seguridad.

Se realizaron dos campañas intensivas, una en Menorca y otra en Eivissa y Formentera, en las que participaron dos equipos que actuaron de manera autónoma, recorriendo cada uno una parte de la costa, avanzando de puerto en puerto. Las estaciones de Mallorca se muestrearon en un periodo de tiempo más prolongado, en salidas al mar que se realizaron en función de las condiciones meteorológicas.

El material necesario para realizar la toma de datos y muestras según los parámetros a estudiar fue:

- **Cobertura y densidad de la pradera:** Cinta métrica de 25m; marco de 25x25cm para el recuento de haces verticales; marco de 50x50cm para realizar el contaje de haces horizontales; regla de 30cm para establecer el grado de enterramiento/desenterramiento; tablilla de PVC con elásticos para sujetar el

estadillo; estadillos impresos en papel de poliéster blanco utilizable por ambas caras y lápiz para registrar los datos.

- **Recolección de material biológico:** Bolsas de plástico tipo zip para muestras, bolsa de malla para alojar las bolsas de muestras, y una nevera a bordo para conservarlas en frío hasta llegar al laboratorio donde serían congeladas hasta análisis.
- **Registro gráfico:** cámaras fotográficas digitales Canon, modelos G10, G11 y G12, alojadas en carcasas estancas y provistas de flash externo, para la toma de fotos y vídeo.

### Desarrollo del muestreo.

Desde octubre del 2017 hasta enero del 2018 se han muestreado las praderas de *Posidonia oceanica* en 76 estaciones localizadas en Baleares y distribuidas en un total de 35 masas de agua, incluyendo las masas de agua muy modificadas de los puertos de interés general de las islas (Palma, Alcúdia, Maó, Eivissa y la Savina). La fecha de muestreo y las coordenadas de cada estación se presentan en la tabla 7.

**Tabla 8. Listado de las 76 estaciones repartidas entre las 35 masas de agua. Se especifica código de la masa de agua, nombre de la localidad, profundidad, coordenadas UTM y fecha de muestreo de las estaciones de *Posidonia oceanica* muestreadas.**

Estación	Código Masa de Agua	Profundidad (m)	Fecha muestreo	Coordenadas UTM (ETRS89)	
				x	y
Cala Gamba	MAMC15M3	3,4	16/10/2017	473895	4377025
Cap Enderrocat	MAMC14M3	8,8	18/10/2017	476046	4369527
Hotel Delta	MAMC14M3	6,4	18/10/2017	476747	4368148
Son Verí	MAMC15M3	4,5	18/10/2017	477988	4372051
Illetes (Mallorca)	Port de Palma	15,2	20/10/2017	465236	4376917
Magalluf	MAMC16M3	6,3	20/10/2017	460727	4372830
Punta de'n Valls	EIMC04M4	5,2	26/10/2017	378510	4323929
Cala Llenya	EIMC04M4	6,7	26/10/2017	379379	4320796
Santa Eularia	EIMC05M4	4,6	26/10/2017	373731	4315778
Punta des Gat	EIMC03M4	9,2	26/10/2017	373651	4329731
Punta sa Creu	EIMC03M4	6,9	26/10/2017	364954	4327389
Cap Mussons	EIMC01M2	11,2	26/10/2017	356404	4324034
Cala Llonga	EIMC06M4	7,4	27/10/2017	372379	4312702
Punta dets Andreus	EIMC06M4	5,2	27/10/2017	367840	4308377
Talamanca	EIMC07M3	3,9	27/10/2017	366210	4308554
Cap Llentrisca	EIMC01M2	6,6	27/10/2017	348773	4303372
Cala Tarida	EIMC01M2	9,8	27/10/2017	346809	4311570
Cap Negret	EIMC01M2	12,7	27/10/2017	351745	4318180
Platja de'n Bossa	EIMC07M3	3,9	28/10/2017	361795	4304078
Port d'Eivissa	Port d'Eivissa	3,9	28/10/2017	364881	4307688



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

**Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia  
oceanica*. Año 2017.**

UTE CBBA - FOA



Sant Antoni	EIMC02M4	8,2	28/10/2017	351975	4316931
Platja de ses Salines	EFMC08M4	8,2	28/10/2017	360553	4300070
Cala Torreta	EFMC08M4	6,4	28/10/2017	362753	4294759
Punta de sa Creu	FOMC10M2	8,2	29/10/2017	373788	4282820
Es Pujols	EFMC08M4	9	29/10/2017	365825	4287868
Illetes (Formentera)	EFMC08M4	8,4	29/10/2017	363625	4290880
Platja des Mitjorn	FOMC09M3	7,3	29/10/2017	365236	4281828
Punta Rasa	FOMC09M3	9,4	29/10/2017	359146	4283876
Port de la Savina	Port de la Savina	5,6	29/10/2017	362425	4288629
Cap Blanc	MAMC13M2	12,2	09/11/2017	483469	4357277
Punta Llobera	MAMC13M2	8,2	09/11/2017	480311	4359062
Colonia de Sant Jordi	MAMC11M3	9,1	16/11/2017	499940	4351112
S'Estanyol	MAMC11M3	4,4	16/11/2017	492823	4356320
Es Cargol	MAMC11M3	4,6	16/11/2017	503562	4347095
Cala Montdragó	MAMC10M2	8,1	17/11/2017	516647	4355735
Cala d'Or	MAMC10M2	6,3	17/11/2017	519941	4357796
Portocolom	MAMC09M3	6	17/11/2017	523216	4363143
Fornells	MEMC02M3	7	21/11/2017	597035	4434648
Port de Maó	Port de Maó	9,3	21/11/2017	612254	4414331
Cala Morell	MEMC04M4	7,4	22/11/2017	608487	4406716
Illes Bledes	MEMC01M2	8,3	22/11/2017	587190	4434729
Cala es Grau	MEMC01M2	7	22/11/2017	609083	4421173
S'arenal de s'Olla	MEMC01M2	9	23/11/2017	599953	4432033
Cala en Porter	MEMC04M4	8	23/11/2017	596754	4413752
Ses Penyes	MEMC04M4	5,2	23/11/2017	592508	4416086
S'Algar	MEMC01M2	9,4	23/11/2017	611374	4409622
Biniacolla	MEMC04M4	6,6	23/11/2017	608514	4407324
Cala Blanca	MEMC05M2	12	24/11/2017	570987	4424088
S'Arenal de son Saura	MEMC05M2	16,7	24/11/2017	576358	4419338
Cala Galdana	MEMC04M4	8,8	24/11/2017	581527	4421090
Cap Formentor	MAMC03M2	12,5	28/11/2017	515720	4421025
Illa Formentor	MAMC05M3	12,2	28/11/2017	512750	4419055
Pollença	MAMC05M3	5,3	28/11/2017	507873	4416274
Cap de Menorca	MAMC06M3	12,7	29/11/2017	515563	4410015
Cap Pinar	MAMC05M3	10,9	29/11/2017	515553	4415020
Santa Ponça	MAMC02M3	5,7	04/12/2017	454521	4374467
El Toro	MAMC01M2	10,3	04/12/2017	454476	4368292
Cala Figuera (Portals Vells)	MAMC01M2	8,2	04/12/2017	459285	4369941
Dragonera	MAMC01M2	10,4	05/12/2017	442994	4382796
Punta Galinda	MAMC01M2	11,8	05/12/2017	443942	4379715
Port d'Alcúdia	MAMC07M3	10,1	12/12/2017	512030	4404570

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

Port d'Alcúdia, zona II	Port d'Alcúdia	11,3	12/12/2017	511572	4407970
Can Picafort	MAMC07M3	8,3	12/12/2017	513859	4402319
Son Serra de Marina	MAMC07M3	10,82	10/01/2018	520048	4399448
Es Caló	MAMC08M3	7,4	10/01/2018	528347	4402726
Cala Metzoc	MAMC08M3	7,36	15/01/2018	535180	4401167
Cala Ratjada	MAMC09M3	8,86	15/01/2018	540493	4395822
Cala Millor	MAMC09M3	6,42	17/01/2018	533501	4383502
Portocristo	MAMC09M3	5,74	17/01/2018	529124	4376248
Cala Dejà	MAMC03M2	13,34	24/01/2018	469379	4401492
Cala Tuent	MAMC03M2	6,23	24/01/2018	480775	4410156
Port de Sóller	MAMC04M2	13,77	24/01/2018	472997	4404975
Cala Marmacen	MAMC01M2	6,89	30/01/2018	446394	4376479
Es Castell (Cabrera)	MAMC12M2	10,52	31/01/2018	493865	4333758
Santa María (Cabrera)	MAMC12M2	9,8	31/01/2018	495248	4333646
s'Olla (Cabrera)	MAMC12M2	8,35	31/01/2018	496958	4333401

Una vez situada la embarcación en la estación de muestreo, mediante posicionamiento con un GPS, se comprueba que el fondo marino se corresponde con pradera de *Posidonia oceanica* y que la profundidad indicada en la sonda instalada en la embarcación corresponde con los datos de referencia procedentes de estudios anteriores. Tras esas comprobaciones, se inician los trabajos en inmersión. En primer lugar, se marca el centro de la estación con una piqueta que se clava en el sustrato y que sirve de referencia para los transectos a desarrollar. A partir de ella se describen tres transectos longitudinales de 25 m de largo con rumbos diferentes (como se muestra en el ejemplo de la imagen siguiente), a lo largo de los cuales se obtienen los datos *in situ* (cobertura, densidad, enterramiento/desenterramiento y porcentaje de haces horizontales) y se recogen las muestras que posteriormente se analizarán en el laboratorio.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--



**Imagen 1. Esquema de los transectos en una estación.**

### **Medida de la cobertura.**

La tendencia general de las praderas es a ocupar el espacio de forma heterogénea. La distribución de los haces se realiza por contagio, de forma que no cubre el terreno de igual forma, lo hace a manchas. Esta forma de ocupar el espacio es la base del método que se utiliza y que se expone a continuación. Consiste en recorrer transectos aplicando el método de “line intercept” (Renom y Romero, 2001). Desde el principio del transecto se toma nota de la longitud de la cinta a la que se encuentran los diferentes sustratos. Los datos se anotan con lápiz sobre hojas de papel de poliéster colocadas sobre una tablilla de plástico rígido. Esta medida de la longitud es proporcional a la ocupación del fondo por cada tipo de sustrato y representa una estimación de la cobertura de la pradera, expresándose en tanto por ciento de recubrimiento. Los tipos de sustrato que se registran son: Pradera de *Posidonia oceanica* (P), Mata Muerta de *P. oceanica* (MM), Arena (A), Roca (R), y pradera colonizada por algas invasoras.



Imagen 1. Buzos recorriendo la cinta y anotando los cambios de sustrato para analizar la cobertura.

#### Medida de la densidad de haces.

Las fanerógamas marinas son plantas clonales, y sus poblaciones están compuestas por una serie de elementos similares (haces) producidos vegetativamente. Los haces son las unidades básicas de las praderas y su abundancia numérica es una herramienta básica para describir la estructura de la pradera. La densidad aplicada a las praderas se define como el número de haces de planta por unidad de superficie.

Para la determinación de la densidad de haces se utiliza un marco de PVC de área conocida (25x25cm), que se deja caer al azar en las marcas 0, 5, 10, 15 y 20m de la cinta métrica extendida, de los dos primeros transectos correspondientes a una estación. Se cuenta el número de haces que quedan en su interior.

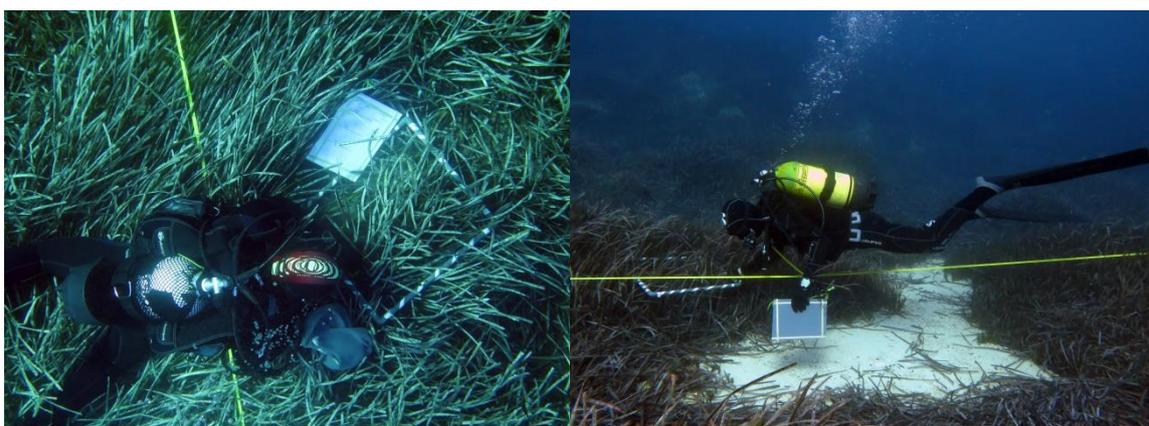


Imagen 2. Buzos realizado el recuento de haces verticales en un cuadro de 50x50cm.

### **Dominancia de la tipología de crecimiento de rizomas.**

*Posidonia oceanica* posee dos tipos de haces, los de los rizomas verticales (ortótropos) y los de los rizomas horizontales (plagiótropos). La densidad de haces verticales es mayor a la de horizontales. Dada su menor frecuencia, para la densidad de haces horizontales se utiliza un marco de PVC de superficie cuatro veces mayor (50x50cm), en las mismas marcas 0, 5, 10, 15 y 20m de la cinta de los dos primeros transectos correspondientes a una estación.



**Imagen 3. Ejemplo de haces verticales a la izquierda y de haces horizontal a la derecha**

### **Grado de enterramiento/desenterramiento de los rizomas.**

El efecto que fondeos y anclajes, arrastres ilegales o cambios en la dinámica sedimentaria de manifiestan con frecuencia en un efecto de enterramiento o desenterramiento de los haces, con respecto al nivel del sedimento acumulado entre ellos. Un desenterramiento evidencia la erosión de la pradera por desequilibrio sedimentario, mientras que un enterramiento pone de manifiesto un aporte sedimentario excesivo, que el crecimiento en vertical de las plantas no consigue compensar. Se mide con una regla la distancia entre la superficie del sedimento y el fin de la lígula de una de las hojas externas del haz.



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA

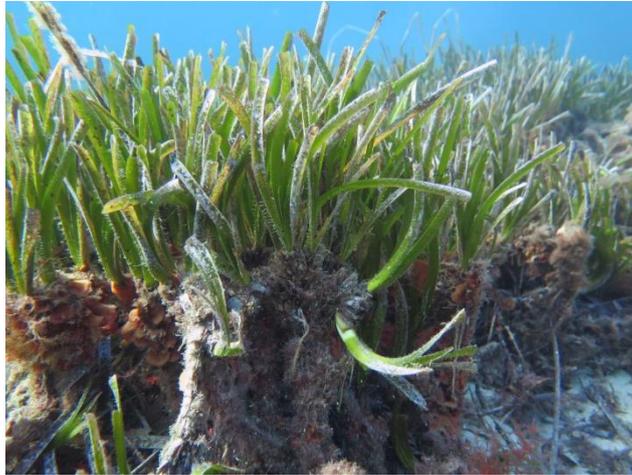


Imagen 4. Ejemplo de pradera con haces verticales desenterrados.

#### Toma de muestras.

En cada estación se recogen 15 haces verticales para analizar los parámetros morfométricos y realizar los análisis químicos, así como 9 fragmentos de rizoma plagiotropo para realizar los análisis químicos necesarios.



Imagen 5. Buzos recogiendo muestras de rizoma horizontal y haces verticales.

Una vez en la embarcación se conservan en frío, durante su transporte hasta el laboratorio.

Previo a la campaña de muestreo se solicitó al Servei de Protecció d'Espècies, Conselleria de Medi Ambient, autorización especial para la recolección de flora protegida.



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA



## Análisis en el laboratorio.

### Superficie foliar por haz y porcentaje de necrosis foliares.

La superficie foliar por haz es la superficie acumulada de la totalidad de las hojas pertenecientes a un mismo haz. Para determinarla se miden (largo y ancho) y se escanean 10 haces diferentes por estación. Una vez escaneados, con el software ImageJ se determina su superficie foliar y superficie necrosada por hoja. Luego se suman las superficies de todas las hojas de un haz y el resultado se expresa en  $\text{cm}^2/\text{haz}$ .



Imagen 6. Procedimiento de escaneo de un haz de *P. oceanica*. Izquierda, escáner con haz preparado; Centro, imagen obtenida; Derecha, zonas con necrosis marcadas.

Las necrosis foliares aparecen como puntos o manchas pardas o negras sobre las hojas. Si bien la necrosis es un fenómeno natural que aparece sobre hojas viejas, su frecuencia es mayor cuando existen factores de estrés. Este parámetro se expresa como el porcentaje de hojas con necrosis respecto del total de hojas de cada una de las réplicas de haces analizadas, o bien como porcentaje de tejido necrosado de un haz respecto de su superficie foliar.

### Contenido de Nitrógeno total en hojas, rizomas y epífitos foliares y relación del nitrógeno isotópico ( $\delta^{15}\text{N}$ ) en hojas y rizomas.

Se determinó el contenido en nitrógeno total y la relación de nitrógeno isotópico ( $\delta^{15}\text{N}$ ) por separado en hojas, rizomas plagiótropos y epífitos foliares, analizando 3 réplicas de cada matriz por estación. Cada muestra de epífitos se obtuvo raspando la superficie de todas las hojas de un mismo haz. Cada muestra de hojas se obtuvo a partir de la segunda hoja más interior de cada haz. Cada muestra de rizoma provino de

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

3 trozos de rizoma plagiótropo que se pelaron. Las muestras se congelaron rápidamente hasta su análisis.

#### **Contenido en Fósforo de hojas y rizomas.**

Se determinó el contenido en fósforo por separado en hojas y rizomas plagiótropos, analizando 3 réplicas de cada matriz por estación. Cada muestra de hojas se obtuvo a partir de la segunda más interior de cada haz. Cada muestra de rizoma provino de 3 trozos de rizoma plagiótropo que se pelaron. Las muestras se congelaron rápidamente hasta su análisis.

#### **Contenido de Azufre en hojas y rizomas y relación de azufre isotópico ( $d^{34}\text{S}$ ) en hojas y rizomas**

Se determinó el contenido en azufre y la relación de azufre isotópico ( $d^{34}\text{S}$ ) por separado en hojas y rizomas plagiótropos, analizando 3 réplicas de cada matriz por estación. Cada muestra de hojas se obtuvo a partir de las partes verdes desepifitadas de todas las hojas de cada haz. Las hojas se sumergieron en agua desionizada durante 5 minutos y luego se congelaron. Cada muestra de rizoma provino de 3 trozos de rizoma plagiótropo que se pelaron, se sumergieron en agua desionizada durante 5 minutos para luego ser congelados hasta su análisis.

#### **Contenido en Carbohidratos no estructurales en rizomas (almidón y sacarosa).**

Se determinó el contenido en almidón y sacarosa de rizomas ortótropos, analizando 3 réplicas de cada matriz por estación. Cada muestra se obtuvo a partir de los 2 primeros centímetros (los más jóvenes) de cada uno de 3 rizomas ortótropos, que se pelaron y se congelaron.

#### **Nitrogeno y $^{15}\text{N}$**

Las muestras para análisis de contenido de N y  $^{15}\text{N}$  se secaron durante al menos 48h a  $60^{\circ}\text{C}$ . Las muestras secas de hojas, fragmentos de rizoma y epífitos se trituraron hasta obtener un polvo fino. Para hacerlo se utilizó un mortero de cerámica para las matrices de hojas y rizomas y de vidrio para los epífitos.

Los análisis de nitrógeno total y nitrógeno isotópico se realizaron en Institut Iso-Analytical en Reino Unido. El análisis se realiza por IRMS, técnica que consiste en convertir en primer lugar las muestras en  $\text{N}_2$  puro colocándolas en cápsulas de estaño limpias e introduciéndolas en un horno de combustión a  $1000^{\circ}\text{C}$  donde se queman en presencia de un exceso de oxígeno. Las cápsulas de estaño también combustionan, llegando a alcanzar las muestras los  $1700^{\circ}\text{C}$ . Los productos gaseosos de la combustión se barren en una corriente de helio sobre un catalizador de combustión de óxido de cromo ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) donde gracias a unos cables de óxido de cobre ( $\text{CuO}$ ) se oxidan los hidrocarburos y a un hilo de plata se elimina el azufre y los haluros. Los gases resultantes pasan a una etapa de reducción de alambres de cobre puro mantenidos a  $600^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, el oxígeno restante convierte los gases  $\text{NO}_x$  en  $\text{N}_2$ . El agua se elimina mediante una trampa de perclorato de magnesio, mientras que la eliminación

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

de CO<sub>2</sub> se realizará usando una trampa de carbono comercial Carbosorb™. El nitrógeno y el dióxido de carbono se separan con una columna de cromatografía de gases compacta, manteniendo una temperatura isotérmica. Los picos cromatográficos resultantes ingresan secuencialmente en la fuente de iones del IRMS donde se ionizan y aceleran. Mediante un campo magnético se separan las diferentes especies de gas según su masa y se miden simultáneamente mediante un conjunto colector universal de taza de Faraday.

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, N<sub>2</sub>), utilizando como estándar secundario IAEA N-3. La capacidad de reproducir los valores obtenidos, en base a muestras replicadas, era superior a  $\pm 0,2$ .

#### **Fósforo total.**

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).

La técnica consiste en una modificación del método presentado por Solorzano y Sharp (1980) para la determinación de fósforo total en partículas. Se pesaron submuestras duplicadas de cada muestra (5-20 mg) en viales de centelleo de vidrio tarados. Se añadieron 0,5 ml de Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,17 M y 2,0 ml de MgSO<sub>4</sub> 0,017 M a cada vial, y los viales se secaron en un horno a 90°C. Los estándares fueron tratados de manera idéntica. Los viales secos que contenían muestras y estándares se incineraron a 500°C durante 3 h. Después de enfriar, se añadieron 5,0 ml de HCl 0,2 N a cada vial, los viales se taparon y luego se colocaron en un horno a 80°C durante 30 minutos. Cada vial se diluyó con 10,0 ml de agua desionizada, se agitó y se dejó reposar 20 horas para que se asentaran las cenizas. La concentración de fosfato de la solución en los viales se determinó colorimétricamente.

#### **Azufre total y <sup>34</sup>S.**

Las muestras para análisis de S y <sup>34</sup>S se secaron durante al menos 48h a 60°C. Las muestras secas de hojas y fragmentos de rizoma se trituraron hasta obtener un polvo fino.

Los análisis de S y <sup>34</sup>S se realizaron en el Institut Iso-Analytical en Reino Unido. Para este análisis también se utilizó el IRMS aunque el proceso previo es diferente. Las muestras se colocaron en una cápsula de estaño e introducidas en horno de combustión a 1080°C donde combustionan en presencia de un exceso de oxígeno, llegando a alcanzar los 1700°C ya que las capsulas también combustionan. Los productos gaseosos de la combustión se barren luego en una corriente de helio a través de catalizadores de combustión de óxido tungstácico y óxido de zirconio y luego se reducen sobre alambres de cobre de alta pureza. El agua es eliminada por una

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

membrana Nafion™, permeable solo al agua. El dióxido de azufre se separa mediante un cromatógrafo de gases de columna compacta mantenido a una temperatura isotérmica. El pico cromatográfico de SO<sub>2</sub> resultante ingresa a la fuente de iones del IRMS donde se ioniza y se acelera. Las especies de gas de diferente masa se separan en un campo magnético y se miden simultáneamente mediante un conjunto colector universal de taza de Faraday. Para SO<sub>2</sub>, las masas 64, 65 y 66 son monitoreadas.

El material de referencia utilizado para estos análisis fue el IA-R036 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, sulfato de bario, δ34SV-CDT = +20.74 ‰). El IA-R026 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, sulfato de plata, δ34SV-CDT = 3.96 ‰), el IA-R025 (estándar de referencia del laboratorio Iso-Analytical, sulfato de bario, δ34SV-CDT = +8.53 ‰) y el IA-R036 se utilizaron para calibrar y corregir la contribución de <sup>18</sup>O en el haz de iones de SO<sup>+</sup>.

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

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

### Carbohidratos no estructurales

Las muestras se secaron en estufa durante 48h a 60°C y se molieron con mortero de cerámica hasta obtener un polvo fino. Se extrajeron los carbohidratos no estructurales (sacarosa y almidón) de 0,05g de peso seco de las muestras con etanol caliente (80°C) y centrifugados 4 veces a 4500 rpm. En cada centrifugado se separó el etanol del pellet, quedando tubos de 15ml de etanol con la sacarosa disuelta.

Se procedió a evaporar hasta secar los restos de etanol con una corriente de N<sub>2</sub>. Los pellet se redisolviéron en NaOH durante 24h.

Los extractos se redisolviéron en agua destilada y fueron analizados espectrofotométricamente (λ=626nm) con una concentración de antrona estandarizada para la sacarosa (Zimmerman *et al.*, 1995; Romero *et al.*, 2006).

### Procesado de los datos y cálculo del EQR.

Una vez obtenidos los resultados se preparó una base de datos a partir de la cual se realizaron los análisis estadísticos. Los resultados dimensionalmente no homogéneos se transformaron mediante una matriz de correlación.

El análisis fundamental del POMI se basa en un análisis de componentes principales (PCA), que se ha realizado sobre el software Primer 6.

Según Romero *et al.* (2007), para determinar el estado ecológico se utilizan 14 descriptores:

- Cobertura
- Densidad de haces verticales.
- Área foliar
- % de hojas con necrosis.
- % de rizomas plagiotropos.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

- Concentración de nitrógeno en los rizomas.
- Traza isotópica de nitrógeno ( $\delta^{15}$ ) en los rizomas.
- Concentración de nitrógeno en los epífitos.
- Concentración de fósforo en los rizomas.
- Traza isotópica de azufre ( $\delta^{34}$ ) en los rizomas.
- Contenido de sacarosa en los rizomas.
- Concentración de zinc en los rizomas.
- Concentración de cobre en los rizomas.
- Concentración de plomo en los rizomas.

Debido a que en los dos estudios anteriores realizados en la DHIB se excluyeron los metales pesados del análisis, en el presente estudio, y según contenido del pliego de licitación del contrato, tampoco se han analizado. Por ello, para este estudio se han utilizado un total de 11 descriptores.

En un PCA se generan nuevas variables (componentes principales), combinaciones lineales de las variables originales, que son ortogonales entre sí y coinciden con las sucesivas direcciones de máxima variación de la nube de puntos que forman los casos (estaciones muestreadas). De hecho, se construyen tantos componentes principales como variables (descriptores) de partida, y se espera que la varianza explicada por cada uno de ellos sea única (no explicada por los otros, es decir, no existe redundancia entre componentes principales) y decreciente (el componente I explica la máxima varianza, II explica la máxima varianza una vez se ha extraído el I, y así sucesivamente). El PCA permite, por lo tanto, resumir la variabilidad de muchas variables en unas pocas, que son combinaciones lineales de las variables de partida.

Se suelen emplear sólo los componentes principales (los ejes I y II), que definen un plano que permite la representación de la mayor parte de la varianza del conjunto de datos. Los objetos proyectados en este plano preservan, en el mejor de los casos, las distancias estudiadas que tenían en el espacio formado por los descriptores originales.

De esta manera se obtiene una ordenación de las estaciones de muestreo que permitirá un diagnóstico de su estado ecológico ya que, en general, el eje I refleja muy bien el gradiente de calidad de las estaciones muestreadas.

Para conseguir los valores de los descriptores de la estación óptima (condiciones de referencia del estado mejor), se ordenan de mejor a peor las estaciones de muestreo para cada descriptor, y se realiza la media de los X mejores valores para cada variable, siendo X el 10% del número total de estaciones muestreadas. En este caso se han considerado los 7 mejores valores para calcular la media.

Para conseguir los valores de los descriptores que definan la estación pésima, se procede igual que para el óptimo pero haciendo la media de los 7 peores valores para cada variable.

Ni el punto óptimo ni el pésimo son ninguna de las estaciones muestreadas, sino una construcción de unas condiciones teóricamente posibles.

Los puntos óptimo y pésimo se introducen en el PCA pasivamente a posteriori, una vez ya se han definido los componentes.

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 de referencia, asigna un valor sobre el eje principal a cada estación, lo que se considera una estima de su estado ecológico. A partir de ese valor se calcula para cada estación el ratio del estado ecológico (EQR') según la siguiente ecuación:

$$EQR' = (C_{ix} - C_{ipésima}) / (C_{ioptima} - C_{ipésima})$$

dónde:  $C_{ix}$  es la puntuación respecto el eje I de la estación;  $C_{ipésima}$  la puntuación respecto el eje I de la estación con estado pésimo y  $C_{ioptima}$  la puntuación respecto el eje I de la estación con estado óptimo.

El  $EQR'_x$  es un índice que refleja la calidad ecológica de la estación X, con un valor entre 0 (estación pésima) a 1 (estación óptima). Este valor se corrige para evitar que la presencia de praderas coincida con un EQR menor o igual a 0,1 con la siguiente ecuación:

$$EQR = (EQR' + 0.11) / (1 + 0.10)$$

Con esta corrección se consigue que por la simple presencia de *Posidonia oceanica* se obtenga un valor de EQR mayor o igual a 0,1. En caso de que el elemento de calidad desaparezca (por destrucción de la pradera) se considera que el EQR tiene un valor inferior a 0,1.

A partir de los valores EQR ya corregidos se clasifica el estado ecológico de las masas de agua en las 5 categorías requeridas por la Directiva Marco del Agua:

Muy bueno	$0.775 \leq EQR \leq 1$
Bueno	$0.550 \leq EQR \leq 0.774$
Moderado	$0.325 \leq EQR \leq 0.549$
Deficiente	$0.1 \leq EQR \leq 0.324$
Malo	$EQR < 0.1$

**Tabla 9. Estado ecológico según los valores EQR**



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad *Posidonia oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA



## Resultados.

Las 36 masas de agua que componen la DHIB (incluyendo las consideradas muy modificadas de las zonas portuarias y excluyendo las masas de agua costeras profundas) han sido examinadas entre los meses de octubre del 2017 hasta enero del 2018, muestreándose un total de 76 estaciones. Se ha utilizado la *Posidonia oceanica* como Elemento Biológico de Calidad. El número de estaciones que se muestrearon por masa de agua vino condicionado por la extensión de la misma, teniendo desde una estación en las pequeñas hasta 5 en la más grande. En la figura 4 se puede observar la distribución de las 76 estaciones muestreadas en el presente estudio.

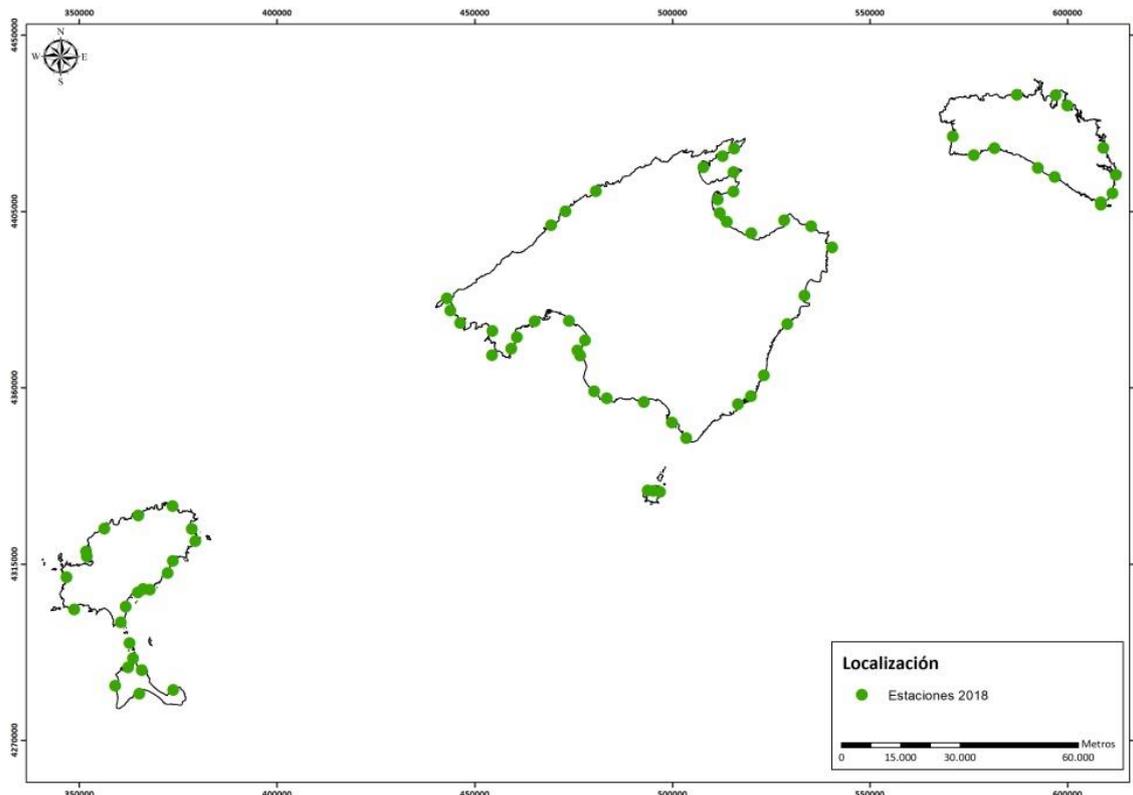


Figura: 4. Distribución de las estaciones muestreadas para el periodo de estudio 2017/2018.

La profundidad a la que se encontraban las estaciones variaba entre los 3,64m y 16,72m, aunque la mayoría se encontrasen entre 8m y 10m (Fig.5).

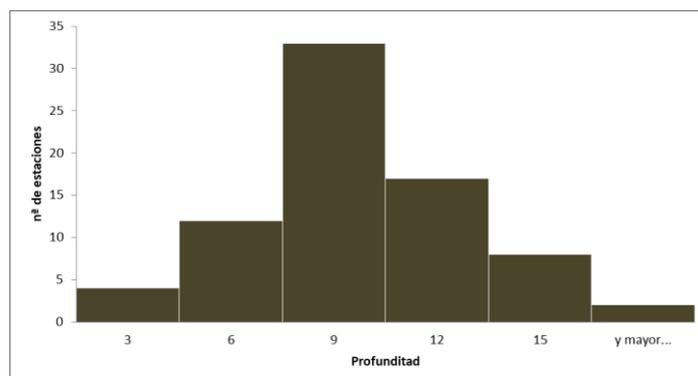


Figura 5. Histograma de profundidades a la que se encontraban las estaciones de muestreo.

### **Estructura de la pradera: Cobertura, densidad, porcentaje de rizomas plagiotropos.**

Los parámetros de abundancia (cobertura y densidad) 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, debido a que el principal factor limitante del crecimiento de *Posidonia oceanica* es la luz, y esta disminuye exponencialmente con la profundidad.

#### **Cobertura.**

La cobertura se define como el porcentaje de superficie cubierto por rizomas vivos de *Posidonia oceanica*, por tanto es un parámetro adimensional.

En cada estación se realizaron tres transectos, y la media de la cobertura de pradera entre los transectos de muestreo representa una estimación de la cobertura global de la pradera en esa estación. A su vez, para determinar la cobertura media de cada masa de agua se calcula el promedio y el error estándar entre las estaciones de cada masa de agua.

Se ha estudiado la correlación entre profundidad y % de cobertura y se ha comprobado cómo estas variables son independientes entre sí (Correlación de Pearson  $r=-0,15$ ).

La estación que tuvo menos cobertura en los periodos de estudio anteriores fue el Puerto de Alcúdia (35,4% en 2005/06 y 38,83% en 2008/09). Sin embargo, en este periodo dicha estación ha presentado una clara mejoría (48%) para esta variable; siendo las estaciones con menor cobertura la de Puerto de Maó (37,8%), Can Picafort (34,3%) y la masa muy modificada de la Zona II del Puerto de Alcúdia, con tan sólo un 29,6%.

Por contra, en los estudios anteriores la estación con una mayor cobertura siempre fue Cala de Santa María, en Cabrera (90,2% en 2004/2005 y 98% en 2008/2009), mientras

que para el periodo de estudio actual, dicha estación presentó una cobertura de 84,3%, y la estación con una mayor cobertura fue Cala Torreta (Ibiza), con un 93,3%.

De forma general, la mayoría de las estaciones presentaron una cobertura entre un 70% y 80% (Fig. 6).

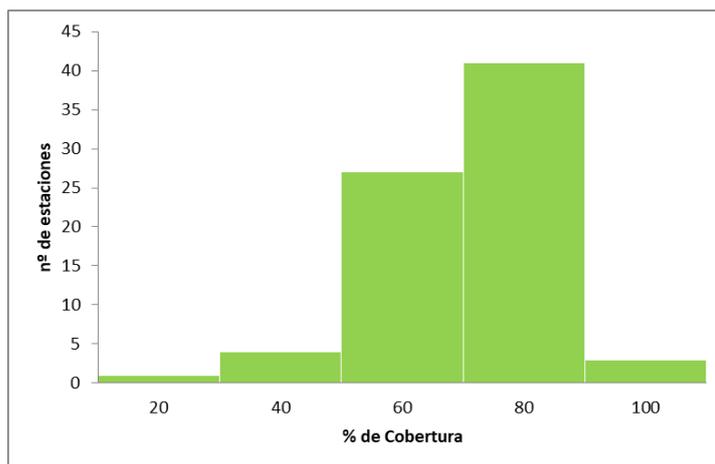


Figura 6. Histograma del porcentaje del fondo recubierto por *Posidonia oceanica*.

A continuación se representa la distribución de la cobertura en las estaciones estudiadas (Fig. 7). En ella puede observarse cómo la mayor variabilidad en la cobertura se da en las islas de Mallorca y Menorca, mientras que en Ibiza y Formentera es mucho más estable, con valores generalmente altos.

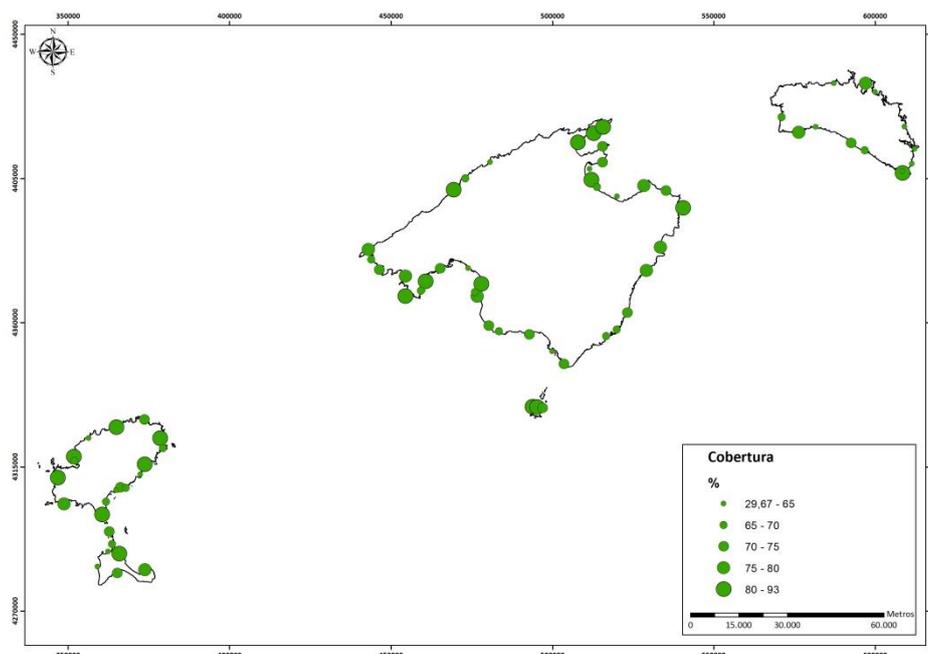


Figura: 7. Cobertura de *P. oceanica* de las estaciones muestreadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.



## Densidad.

La densidad instantánea (obtenida de contar los diferentes marcos y extrapolarlo a toda la estación) registrada durante este periodo ha variado entre 1161,6 haces/m<sup>2</sup> en Cala Es Grau (MEMC01M2) y 111,2 haces/m<sup>2</sup> en Illetes (Puerto de Palma). Durante el convenio que abarcó el periodo de estudio 2005/06 también fue la estación de Illetes la que mostró menor densidad aunque en este caso fue de 224 haces/m<sup>2</sup>, sin embargo, en el bienio 2007-08 fue en el Puerto de Alcúdia donde se registró la peor densidad (140,22 haces/m<sup>2</sup>). Las densidades más altas observadas fueron en Cala Metzoc con 1043haces/m<sup>2</sup> en 2005-06 y Cap de Ses Penyes con 844 haces/m<sup>2</sup> en 2007-08.

Al evaluar la densidad global (densidad instantánea corregida con la cobertura) de haces de *P. oceanica* se observan diferencias respecto a la anterior, variando entre 58,38 haces/m<sup>2</sup> en el Puerto de Alcúdia (MAMC07M3) y 660,11 haces/m<sup>2</sup> en Biniancolla (MEMC04M4), con una densidad promedio de 300,17±15,9 haces/m<sup>2</sup>, distribuyéndose la mayoría de las estaciones entre 250-300 y 350-400 haces/m<sup>2</sup> (Fig.8).

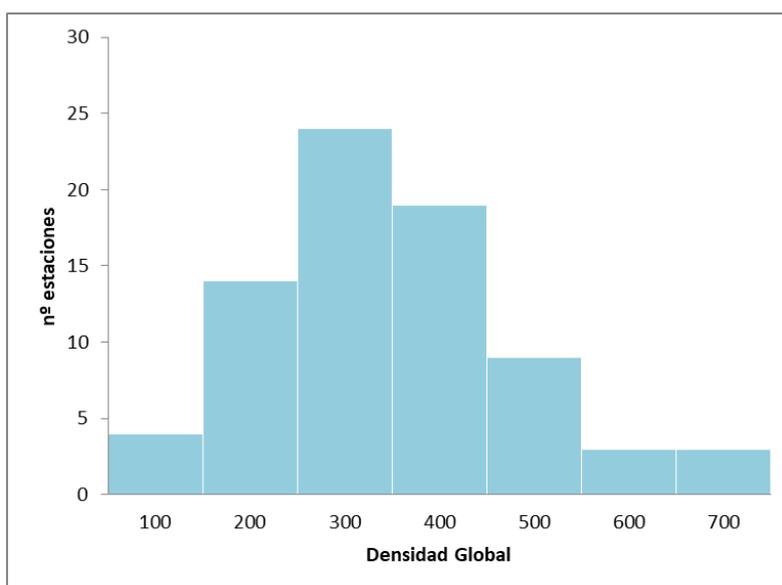
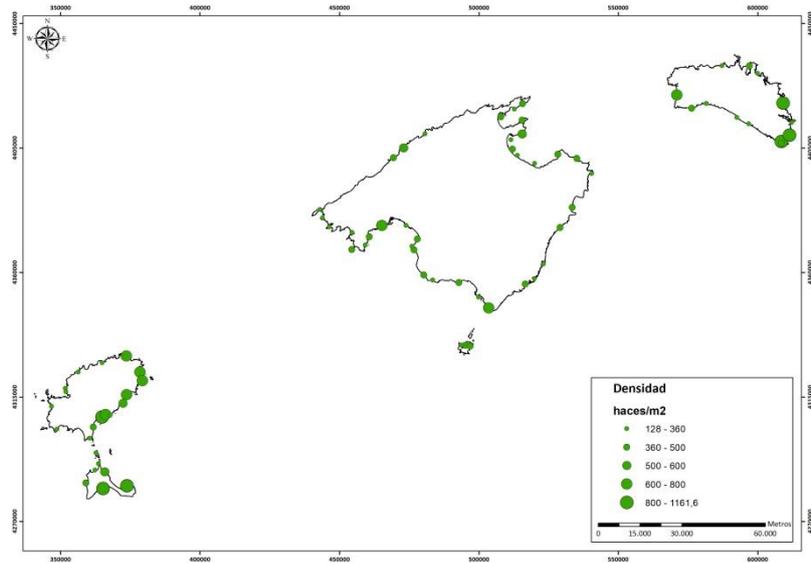


Figura: 8. Histograma de Densidad Global de haces de *Posidonia oceanica* en las estaciones

La gran variabilidad observada entre estaciones (Fig. 8 y 9) se esperaba que fuera debida a la profundidad, ya que según numerosos estudios previos (Pergen et al.1995, Pergen-Martini et al.,1996, Diaz Almela y Marbà 2009, entre otros) el principal factor limitante es la luz, y esta disminuye con la profundidad; sin embargo al realizar una correlación entre Densidad y Profundidad el coeficiente R<sup>2</sup> fue de 0,0992 y la correlación de Pearson de -0,31. Estos resultados están indicando que, en la actualidad, existen otros factores que influyen en la densidad de las praderas estudiadas.

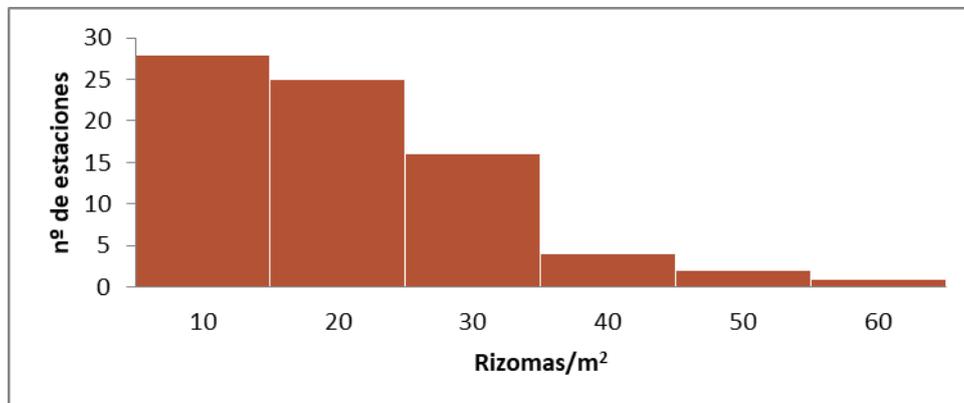


**Figura: 9. Densidad de haces de *P.oceanica* de las estaciones muestreadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.**

**Haces plagiotropos.**

Los haces plagiotropos indican que la pradera se encuentra en expansión, ya sea porque está colonizando nuevos espacios o porque está cubriendo blancos que se podrían haber originado, por ejemplo, por el garreo de un ancla.

El promedio de densidad de plagiotropos registrada ha sido de  $15,92 \pm 2,4$  rizomas/m<sup>2</sup>, con su máximo Cap blanc con 52 rizomas/m<sup>2</sup> y su mínimo en Fornells con 1,6 rizomas/m<sup>2</sup>. Tanto el mínimo como el máximo han disminuido respecto a los anteriores estudios. Los valores máximos observados fueron en 2005/06 de 52,4 rizomas/m<sup>2</sup> (Colonia de Sant Jordi) y de 77,60 rizomas/m<sup>2</sup> en 2007/08 (Son Serra de Marina). Por otro lado, los mínimos se observaron en Cala Gamba durante el bienio de 2005/06 (3,1 rizomas/m<sup>2</sup>) y en Cala Morell en 2007/08 (3,2 rizomas/m<sup>2</sup>).



**Figura: 10 Histograma de densidad de rizomas plagiotropos de *Posidonia oceanica* en las estaciones estudiadas.**

## Fenología.

En cada estación se recolectaron 15 haces verticales, de los cuales se analizaron fenológicamente 10. De cada uno de ellos se clasificaron, midieron y escanearon todas sus hojas presentándose en la tabla 9 los promedios de las variables estudiadas con su error estándar. Como mejora en este periodo, la superficie foliar no se ha calculado como el producto del largo por el ancho de las hojas, sino que se han escaneado las hojas de todos los haces estudiados y utilizado un software de análisis de imagen (Image J), gracias al cual se obtiene una estima más exacta y cercana a la realidad, no solo de la superficie foliar sino también de la superficie necrosada.

**Tabla 10. Promedio de variables fenológicas estudiadas según el tipo de hoja.**

Tipo de hoja	Largo (cm)	Ancho (cm)	Superficie foliar (cm <sup>2</sup> )	Superficie parda (cm <sup>2</sup> )	Nº hojas/haz	Total hojas
Adulta	21.23±0.23	0.92±0.001	19.72±0.2	1.66±0.07	3.7±0.025	2786
Intermedia	13.84±0.21	0.91±0.006	12.39±0.2	0.14±0.03	2.01±0.025	1335
Joven	2.87±0.07	0.90±0.003	2.26±0.07	0.05±0.01	1.2±0.015	743

El número de hojas promedio por haz en las zonas estudiadas es de 6,4±0,3, encontrando el máximo en la estación de Cap Mussons (8,2±0,3 hojas/haz) y el mínimo en S'Estanyol (4,7±0,4 hojas/haz).

La superficie foliar promedio de las 76 estaciones es de 96,43±5,37 cm<sup>2</sup>/haz con su máximo en Sant Antoni (EIMC02M4) con 210,7±4,9 cm<sup>2</sup>/haz, seguido de Punta d'en Valls (EIMC04M4) con 187,75±20,79 cm<sup>2</sup>/haz y Cap Negret (EIMC01M2) con 166,9±7,19 cm<sup>2</sup>/haz. Por contra, las estaciones con menor superficie foliar fueron S'Estanyol (MAMC11M3) con 27,9±4,99 cm<sup>2</sup>/haz, seguida de Illetes (Port de Palma) con 35±5,69 cm<sup>2</sup>/haz y Cap Enderrocat (MAMC14M3) con 51,4±3,89 cm<sup>2</sup>/haz. En el anexo 1 se detallan el resto de estaciones.

La variabilidad en la superficie foliar de los haces de *Posidonia oceanica* observada entre estaciones refleja la presencia de un componente estacional, pues a partir de otoño comienzan a aparecer hojas nuevas mientras las más longevas, envejecidas y cargadas de epífitos se desprenden masivamente. Dicho componente estacional justifica las diferencias observadas respecto el convenio anterior, donde el promedio de superficie foliar por haz fue de 216,04 ± 6,48 cm<sup>2</sup>/haz en 2007/08 y de 125,5±52 cm<sup>2</sup>/haz en 2005/06.

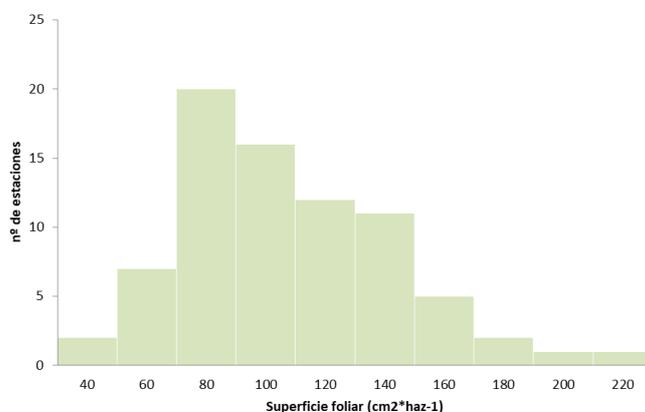


Figura: 11 Histograma de la superficie foliar por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones.

Esta dinámica estacional también se ha observado en la superficie necrosada de las hojas y la proporción de hojas necrosadas por haz, por lo que no tiene sentido comparar los resultados de este convenio con el de los anteriores ya que no se realizaron en la misma época del año.

Para realizar el promedio de superficie necrosada por haz se excluyeron las hojas jóvenes (que nunca mostraron necrosis), siendo entonces de  $1,66 \pm 0,4$  cm<sup>2</sup>/haz, con el máximo en Cap Enderrocat de  $5,8 \pm 1,8$  cm<sup>2</sup>/haz, seguido de las estaciones Hotel Delta y el Toro con  $5,2 \pm 2,9$  y  $3,31 \pm 1,7$  cm<sup>2</sup>/haz, respectivamente. También hubo un total de 5 estaciones donde ninguna hoja presentó necrosis (Es Pujols, Es Caló, Cala Millor, Porto Cristo y Zona II Puerto de Alcúdia).

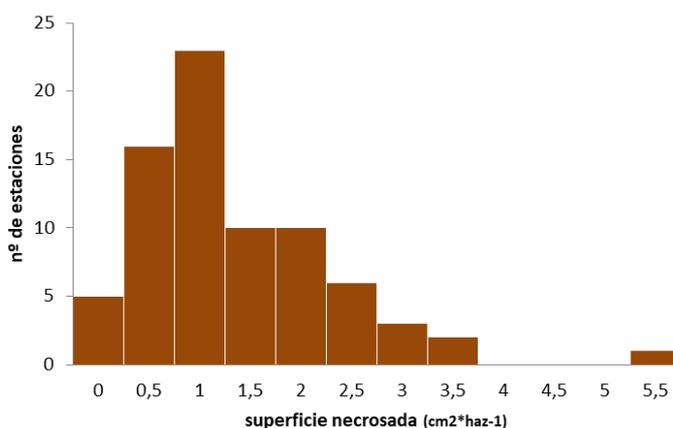


Figura: 12. Histograma de superficie necrosada por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones.

La relación entre la longitud de hoja necrosada y la longitud total de la hoja ha variado desde 0 en las 5 estaciones antes mencionadas hasta  $47,9 \pm 6,3\%$  en Cap Enderrocat. Las siguientes estaciones con un mayor % de superficie necrosada fueron Hotel Delta y

Punta de Sa Creu (Formentera) con  $21,37 \pm 4,5$  y  $16,9 \pm 12,5$  respectivamente, siendo el promedio de esta relación en las 76 estaciones estudiadas de  $5,8 \pm 1,8\%$ .

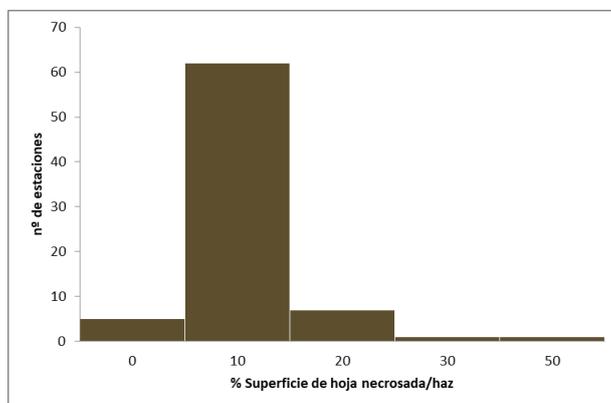


Figura: 13. Histograma de superficie necrosada por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones.

## Descriptorios químicos.

En el anexo 2 se encuentran recogidos los resultados de los análisis de concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) y azufre, así como la abundancia natural del isótopo  $^{15}\text{N}$  en hojas, rizomas y epífitos; y  $^{34}\text{S}$  en hojas y rizomas de *Posidonia oceanica*.

### **Contenido de nitrógeno en epífitos, hojas y rizomas.**

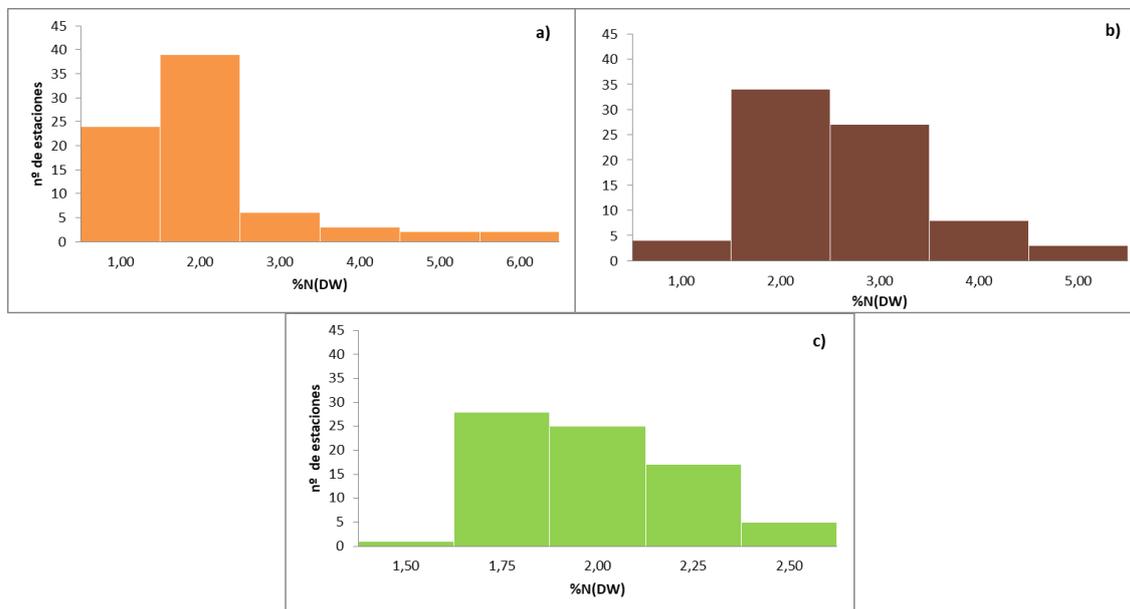
Las concentraciones de nitrógeno en cada matriz estudiada (rizoma, hojas y epífitos) indican posibles escalas temporales de cambio. En los rizomas, al tener una vida generalmente larga, llegando a durar más de 50 años, se espera una acumulación de nitrógeno superior al del resto de matrices. Por su lado las hojas presentan un ciclo anual con una vida media de aproximadamente 300 días (Romero, 1989), por lo que la cantidad de nitrógeno acumulada responderá a la cantidad que hubiera en el agua el año anterior. Por último, la concentración de nitrógeno en los epífitos es un posible indicador de la cantidad de nitrógeno disponible en el ambiente en el momento del estudio.

La concentración de nitrógeno promedio en hojas (Fig. 14c) expresada en porcentaje en peso seco obtenido para el periodo muestreado es de  $1,87 \pm 0,03\%$ , encontrando el valor máximo en la estación de Cala Gamba (2,35%) y el mínimo en Cala es Grau (1,36%). Para este periodo de estudio sólo un 43,4% de las estaciones han presentado valores por debajo de 1,8%N (gDW), límite a partir del cual se considera que la planta puede sufrir un déficit de nitrógeno para el crecimiento (Duarte, 1990). Durante el periodo de estudio 2007/2008 el rango que abarcó esta variable fue ligeramente más amplio, siendo el máximo 2,69%N (gDW) en Cap de Ses Penyes y mínimo en el Puerto de Sóller con un 0,57% (gDW); mientras que en 2005/06 varió desde 1,1 % (gDW) en Illetes Formentera a 3,41% (gDW) en Cales Coves en Menorca.

La siguiente matriz analizada corresponde a los ápices de rizomas plagiótrofos (Fig. 14 b), en ésta el rango abarca casi un orden de magnitud (lo cual ya se observó en los

estudios anteriores) encontrando el mínimo en la estación Es Cargol con 0,75%N (gDW) y el máximo en Son Serra de Marina con 5,24%N (gDW). Aunque la mayoría de las estaciones presentaron entre 1,5% y 3,75%, con un promedio de  $2,16 \pm 0,09\%N$  (gDW). El máximo durante el estudio 2007/08 se registró en S'estanyol (5,47%N (gDW) y el mínimo en S'olla, Cabrera (0,57%N(gDW)); mientras que durante el periodo 2005/06 el máximo se registró en Porto Colom (4,47%N(gDW)) y el mínimo en la estación Es Castell en Cabrera (0.54%N(gDW)).

Por último, la concentración de nitrógeno en los epifitos foliares (Fig 14 a) mostró un rango aún más amplio que en los rizomas, encontrando el mínimo en Cap Llentrisca con 0,65% y el máximo en la Zona II Puerto de Alcúdia con 6,07%. La mayoría de las estaciones presentaron valores bajos de nitrógeno en epifitos, siendo el promedio de  $1,55 \pm 0,12\%N$ (gDW). Sin embargo, que hubiera estaciones con valores tan altos como los obtenidos en dos estaciones del Puerto de Alcúdia (6,07% y 5,37%) o Son Serra de Marina y es Caló (4,91% y 4,29%, respectivamente), puede indicar un proceso de eutrofización en la zona. Los valores máximos y mínimos de esta matriz están por encima de los que se registraron en el estudio del 2007/08, encontrando el máximo en Cap de ses Penyes con 2,2%N(gDW) y el mínimo en Punta d'es Gat con 0,17%N(gDW) y del 2005/06 donde el máximo fue en Cala Deià (1,42%N(gDW)) y el mínimo en el Hotel Delta (0,3%N(gDW)).



**Figura: 14. Histograma de la concentración de nitrógeno (porcentaje en peso de planta) en: a) Epifitos; b) Rizomas; c) Hojas de *Posidonia oceanica*.**

En la Figura 15 puede observarse la distribución espacial de la concentración de nitrógeno en las tres matrices.



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia  
oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA

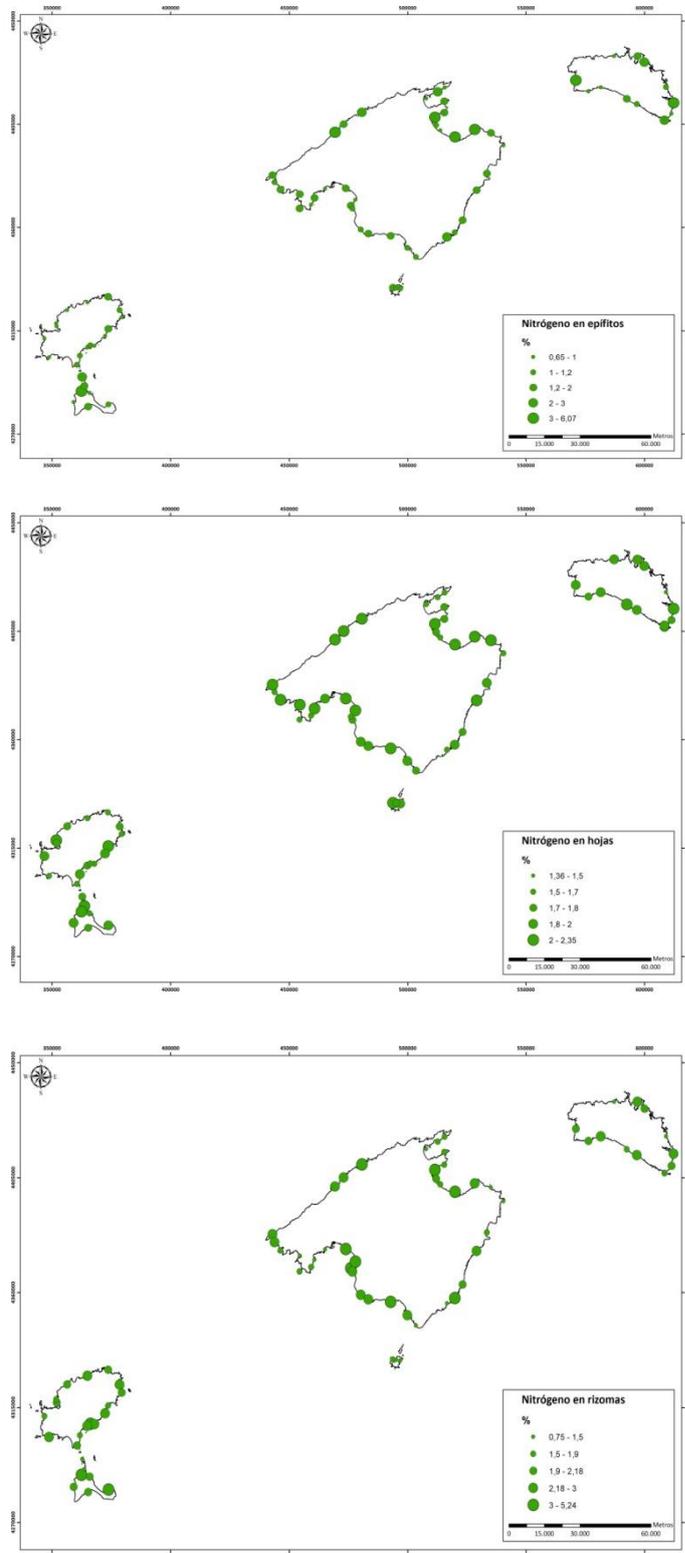


Figura: 15. Distribución de la concentración de nitrógeno (en porcentaje de peso seco de planta) en: a) Epífitos; b) Hojas; c) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

### Relación isotópica del $^{15}\text{N}$ en hojas y rizomas.

La relación entre el  $^{15}\text{N}$  y el  $^{14}\text{N}$  es un descriptor que indica el origen del nitrógeno que la planta ha asimilado. La señal isotópica del  $^{15}\text{N}$  en la atmosfera es cercana a 0, por lo que, si la señal isotópica es baja, estará indicando que el origen del nitrógeno es atmosférico. Por el contrario, cuando la relación  $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$  aumenta, indica que el origen del nitrógeno que forma parte de la planta es antropogénico (acuicultura, procesos de eutrofización, etc.). Se ha estudiado en las matrices de hojas y rizomas.

En los rizomas, la  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  varía en un rango desde 8,51‰ (la Savina, Formentera) a 2,5‰ (Son Verí), con un promedio de  $4,31\pm 0,18\text{‰}$ .

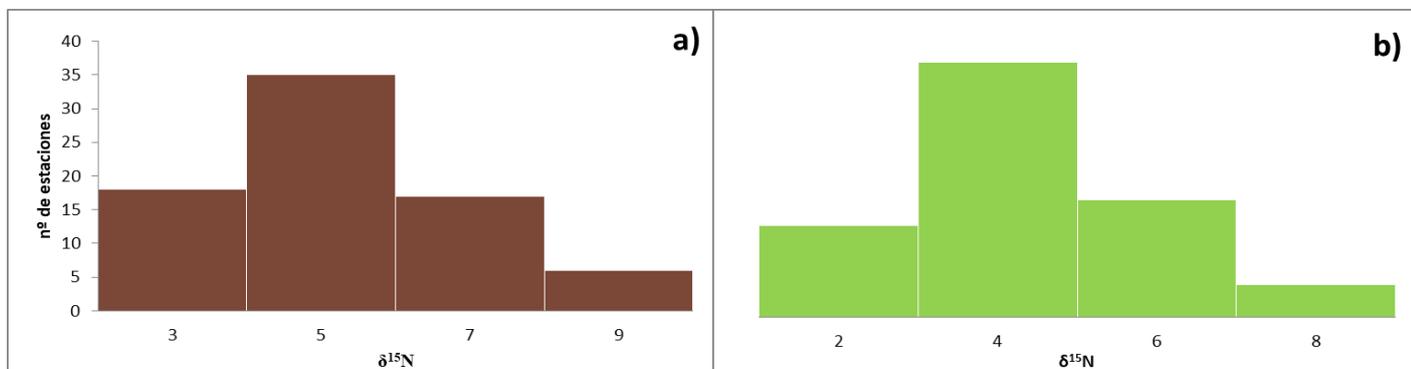


Figura: 16. Histograma de  $\delta^{15}\text{N}$  en: a) Rizomas; b) Hojas de *Posidonia oceanica*

Atendiendo al histograma de la figura 16a, se observa que la mayoría de las muestras mostraron una señal isotópica de entre 3 y 5, lo que indica que el origen del nitrógeno acumulado en la mayoría de las estaciones es de origen atmosférico. En comparación con el estudio del 2007/08, el valor máximo se ha visto reducido, siendo para ese periodo de 10,28‰ en Can Picafort, mientras que el mínimo se ha incrementado ligeramente, pues en 2007/2008 fue de 2,26‰ en Punta sa Creu. Por otro lado durante el periodo de estudio 2005/06 el mínimo registrado fue de 1,74‰ en S'Olla de Cabrera y el máximo fue de 7,57‰ en Can Pica Fort, ambos valores inferiores a los actualmente observados.

En hojas, el rango que abarca esta variable es ligeramente más amplio, desde 0,58‰ en Cala es Grau, hasta 7,37‰ en Son Verí y con un promedio de  $3,29\pm 0,17\text{‰}$ . Al estudiar los valores que se obtuvieron en los convenios anteriores se observa una disminución, tanto en el máximo (8,28‰ en Cala Gamba para el 2007/08 y 7,84‰ en Port d'Alcúdia para 2005-06) como en el mínimo (1,05‰ en Cap Mussons en 2007/08 y de 0,69‰ en Illetes de Formentera en 2005-06).

Teniendo en cuenta que la concentración de  $\delta^{15}\text{N}$  ha disminuido en las dos matrices respecto al estudio anterior, parece que en el período transcurrido se ha reducido el aporte de nitrógeno antropogénico en general en todo el área de estudio.

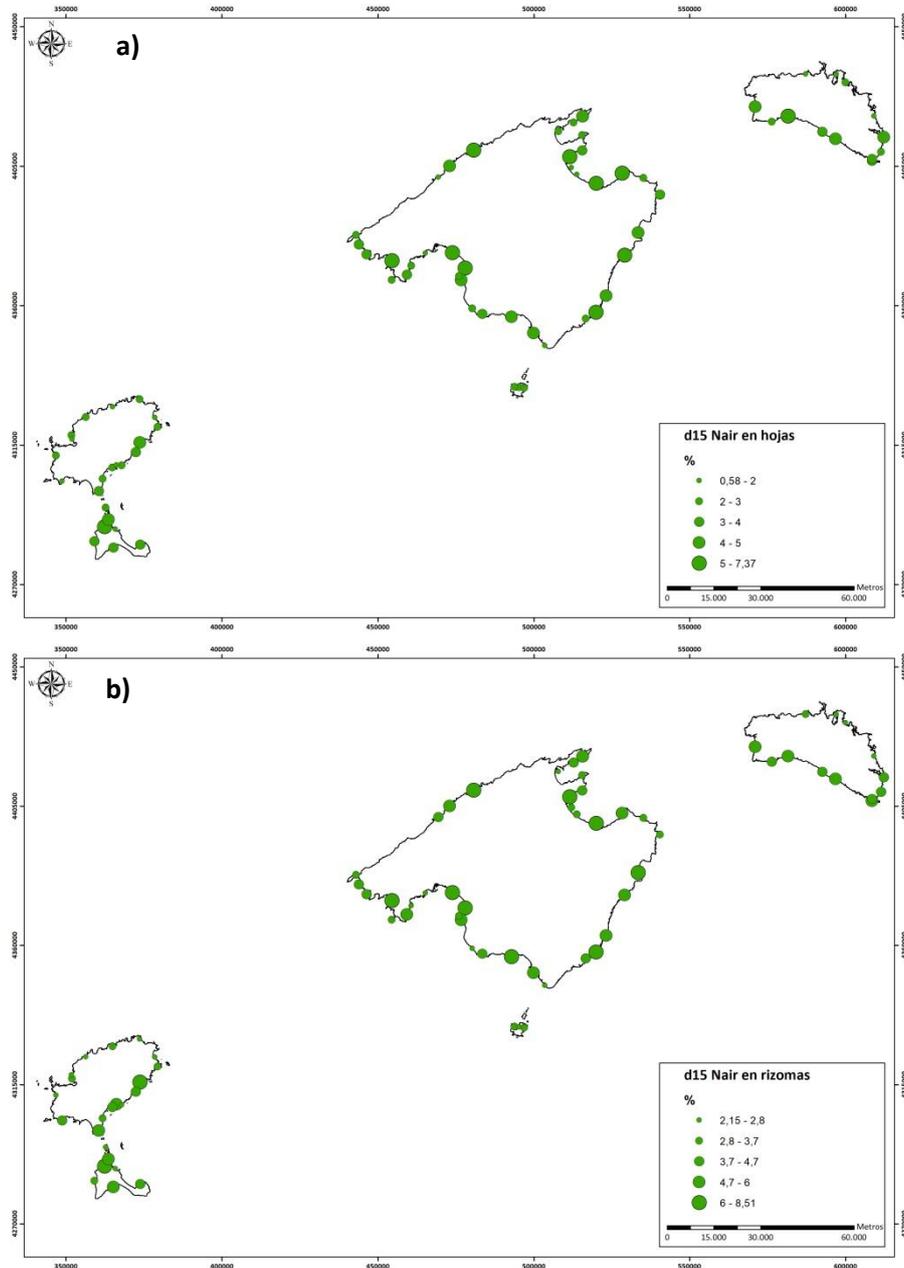


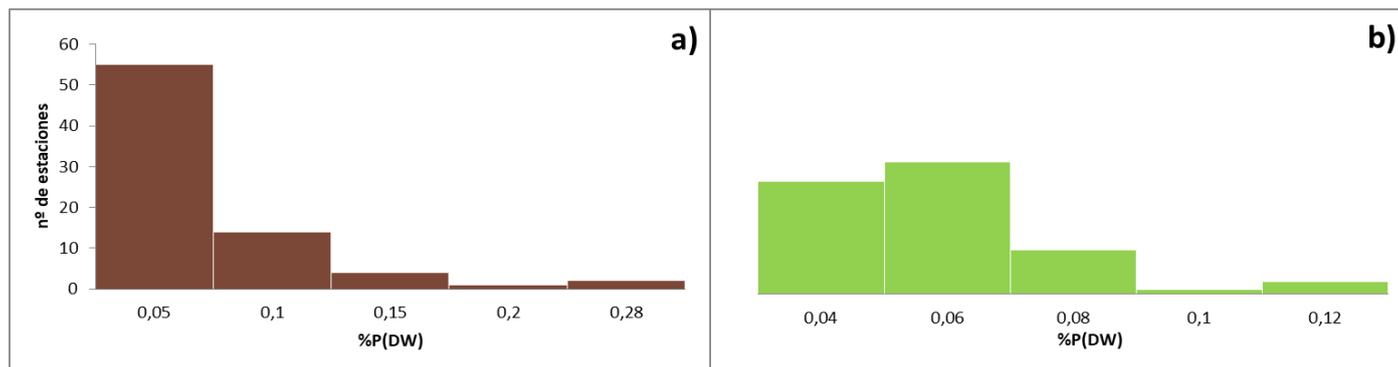
Figura: 17. Distribución del  $\delta^{15}\text{N}$  en a) Hojas; b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Si se estudia la distribución de la traza isotópica del  $^{15}\text{N}$  en las dos matrices (Fig. 17) se observa que los valores más altos se encuentran siempre en la isla de Mallorca, concentrándose éstos en las bahías de Palma y de Alcúdia y en la costa este. Estos resultados indican que en esa zona la carga de nitrógeno antropogénico es más alta que en el resto de zonas estudiadas.

### **Contenido de fósforo en hojas y rizomas.**

El contenido de fosforo se ve incrementado al aumentar las presiones antropogénicas, por lo que un aumento en su concentración dentro de la planta podría considerarse negativo. No obstante, se trata de un nutriente esencial para el crecimiento de la planta, por lo que si se encuentra en valores inferiores a 0,2%P (gDW) se puede ver comprometido el crecimiento de la planta (Duarte, 1990).

El promedio obtenido en las hojas de *Posidonia oceanica* ha sido de 0,05±0,002%P (gDW) con los valores más altos en las Pitiüses (0,108% en Punta Galinda, 0,105% en Punta d'es Gat o 0,103% en Cap Negret) y los más bajos en Menorca (Cala Morell 0,025%, S'arenal de s'Olla 0,0278% o Cala es Grau 0,028%), excepto el más bajo que ha sido en la Colònia de Sant Jordi (0,023%). Todos estos valores están muy por debajo de lo observado en los estudios anteriores. Entre el estudio del 2005/2006 y el de 2007/2008 ya se observó una tendencia a que este nutriente disminuyera, y con el presente estudio se ha confirmado que la disminución ha continuado, encontrándose el 100% de las estaciones por debajo del umbral crítico de crecimiento.



**Figura: 138. Histograma del contenido de P%(gDW) en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*.**

La concentración en los rizomas también es en general muy baja, aunque en algunas estaciones llega a alcanzar valores de más de 0,2% (Cap Llentrisca y Cala Llenya), pero la tendencia es de presentar menos de 0,05%, con los valores más bajos en Sant Antoni (0,011%) y Port d'Alcúdia (0,012%). En esta matriz también han disminuido notablemente estos valores en comparación con los anteriores estudios.

Los valores más altos en ambas matrices se concentran en las islas de Eivissa y Formentera, y en hojas también en la costa noroeste de la isla de Mallorca. En hojas también se observan estaciones puntuales en las que la concentración es relativamente alta como la Colònia de Sant Jordi y algunas de la costa sur de Menorca (Fig. 19).

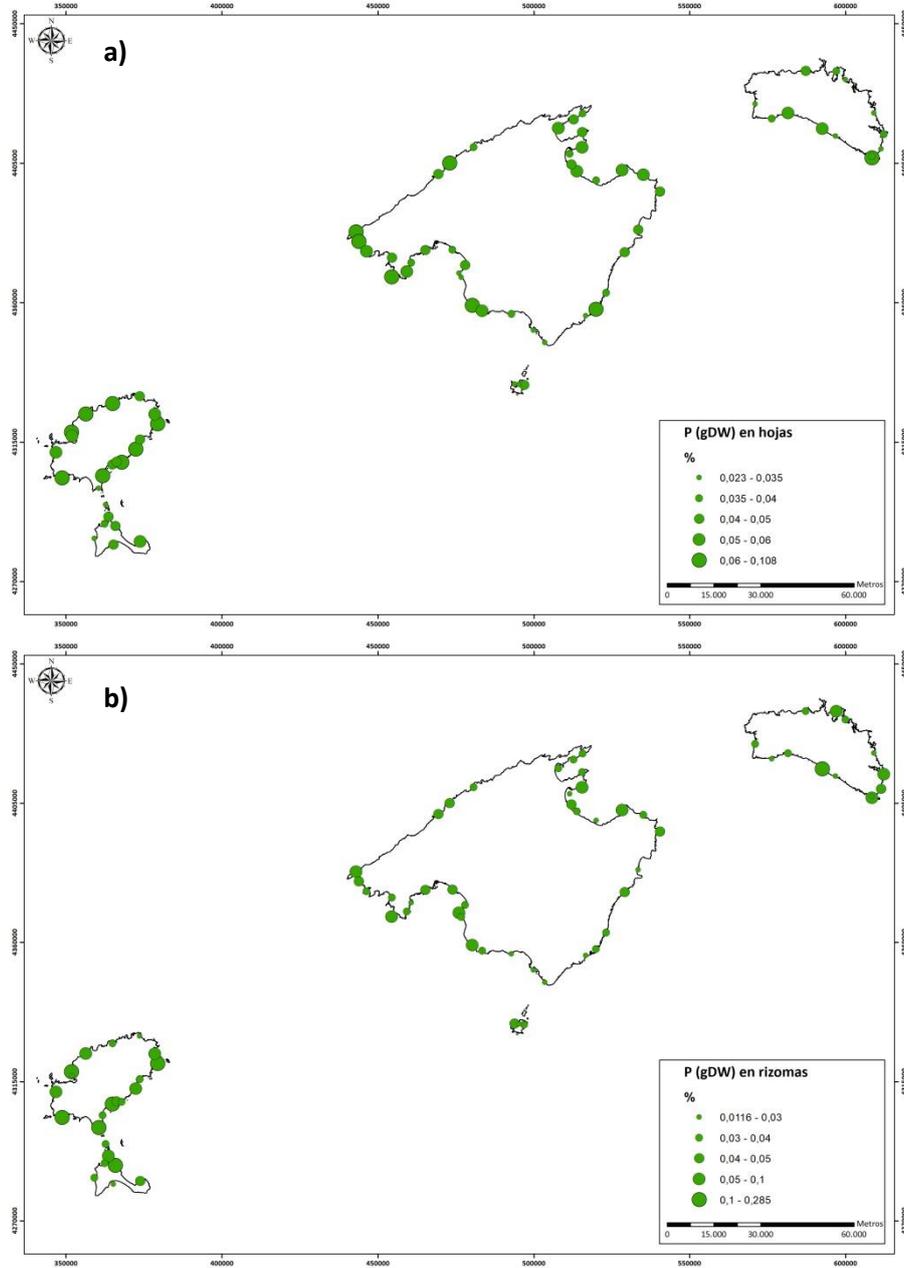


Figura. 19. Distribución de la concentración de P en %(gDW) en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

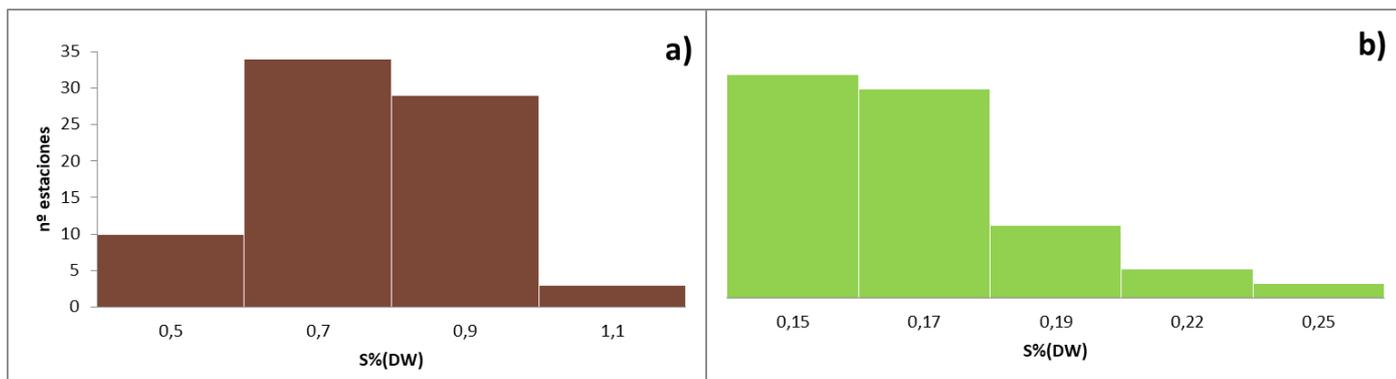
### Contenido de Azufre total (S) y $\delta^{34}\text{S}$ en hojas y rizomas.

En hojas, la concentración de azufre ha disminuido notablemente respecto los periodos de estudio anteriores, pasando de un máximo de 1,02% en Cala Rajada (2007/08) y un 1,39%S(gDW) en Cap Llentrisca (2005/06) a 0,24% en Cala d'Or para este estudio. Por otro lado, los valores mínimos también han disminuido respecto los

anteriores estudios (0,28% en Mondragó en 2007/08 y 0,16 en Ses Balandres en 2005/06) siendo actualmente de 0,12% en Mondragó (Fig.20 b).

La mayoría de las estaciones han presentado valores muy bajos, comprendidos entre 0,15-0,20% (Fig.20 b) y con un promedio de  $0,16 \pm 0,002\%S(gDW)$ .

En rizomas esta disminución no ha sido tan acusada (Fig.20 a). De hecho, el mínimo actual (0,45% en Platja d'es Mitjorn) es más alto al observado anteriormente (0,3% en Cala Santa María, Cabrera en 2007/08 y de 0,24% en Ikletes Mallorca para el 2005/06). Sin embargo el máximo actual (1% en el Puerto de Sóller) es más bajo que el registrado en 2007/2008 (1,47% en Cap Llentrisca) y que en 2005/06 (1,18% en Illa d'en Colom). La mayor parte de las estaciones han mostrado valores entre 0,6% y 1% con un promedio de  $0,67 \pm 0,015\%S (gDW)$ .



**Figura 20. Histograma de la concentración de S en % (gDW) en: a) Rizomas; b) Hojas en *P.oceanica*.**

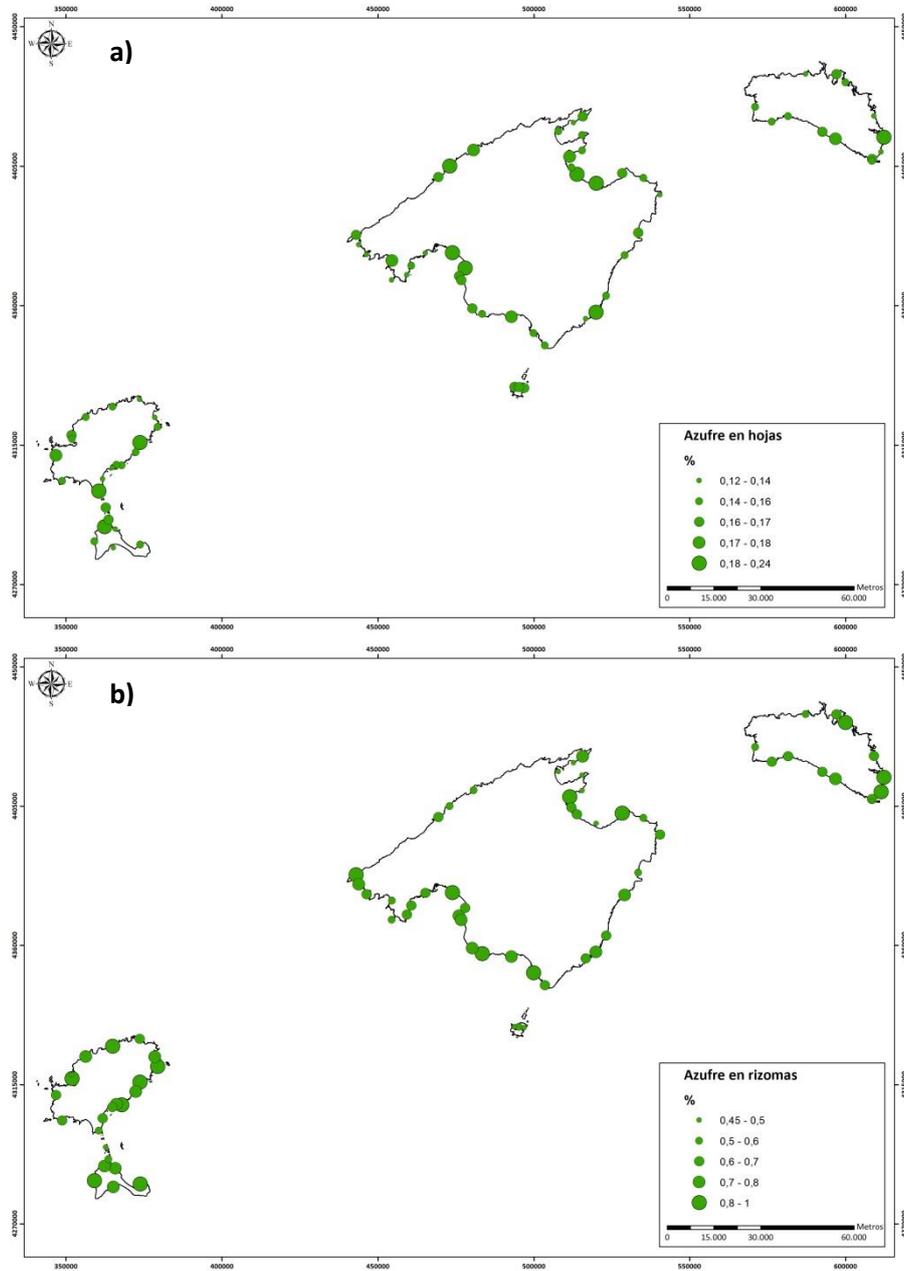


Figura: 21. Distribución de la concentración de S%(gDW) en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

El agua de mar tiene una composición isotópica para el azufre relativamente estable (21‰) y este valor se mantiene más o menos similar en los tejidos subterráneos de las angiospermas marinas. Por otro lado, la sulfatoreducción bacteriana que tiene lugar en el sedimento provoca que la  $\delta^{34}\text{S}$  disminuya debido a la discriminación del isótopo pesado en este proceso.

*Posidonia oceanica* es especialmente sensible a la intrusión de sulfuro desde el sedimento. El calentamiento del agua de mar y la hipoxia activan la intrusión de sulfuro en los tejidos de la planta desde el sedimento, reduciendo la  $\delta^{34}\text{S}$ . De esta manera, valores de  $^{34}\text{S}$  en las hojas que se encuentren entre 20,5‰ y 1‰ podría poner en peligro a la planta (García *et al.*, 2012).

Respecto del contenido del isótopo estable de S en hojas, el promedio que se ha registrado en las estaciones es de  $13,55 \pm 0,19$ ‰ de  $\delta^{34}\text{S}$ , con un mínimo de 6,57‰ en Sant Antoni y un máximo de 16,94‰ en Cala Millor. La mayoría de las estaciones presentaron valores comprendidos entre 12‰ y 16‰ (Fig. 22 b), lo cual es muy preocupante pues el 100% de las estaciones se encuentran por debajo del umbral a partir del cual, el sulfuro puede provocar problemas a *Posidonia oceanica*. Al comparar con los valores que se recogieron en los estudios anteriores durante el periodo 2005/2006 hubo un 60% de las estaciones por debajo del umbral, mientras que en 2007/2008 se había observado una mejora, encontrando sólo el 18%. En la actualidad, la tendencia ha sido a empeorar, lo que podría estar relacionado con un aumento de la temperatura del agua en el Mediterráneo, sobre todo en verano.

En rizomas la abundancia es más alta que en hojas, y también presenta una mayor variabilidad entre las estaciones, encontrándose el valor mínimo en la Colònia de Sant Jordi con 5,16‰ y el máximo en la Illa de Formentor con 24,31‰. Los valores se distribuyeron principalmente entre 15‰-25‰, con un promedio de  $17,9 \pm 0,5$ ‰ (Fig.22 a). En esta matriz la disminución respecto al periodo anterior estudiado no ha sido tan acusada como en hojas, siendo el mínimo de 10,83‰ en Platja de Ses Salines y el máximo en sa Dragonera, con un 26,87‰.

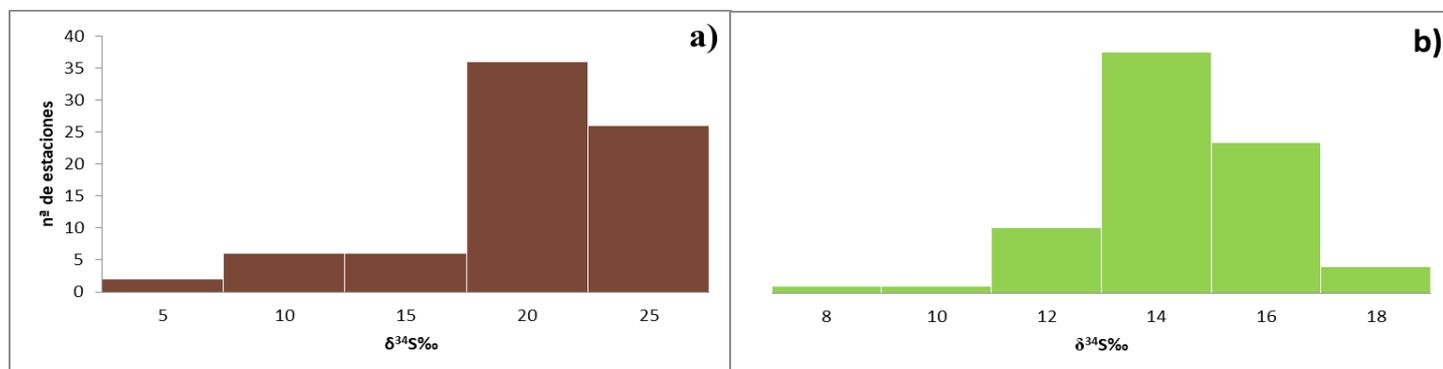


Figura: 22. Histograma de la abundancia de  $\delta^{34}\text{S}$  ‰ en: a) Rizomas y b) Hojas.



Los valores más altos en hojas se han registrado en la isla de Mallorca y en Cabrera, mientras que los más bajos y preocupantes se han detectado en Sant Antoni y la Savina, en Eivissa y Formentera, respectivamente (Fig. 23 a). En los rizomas también se han encontrado los valores más altos en Mallorca (El Toro e Illa de Formentor) y los más bajos en la Colònia de Sant Jordi y el Puerto de Alcúdia (Fig.23 b).

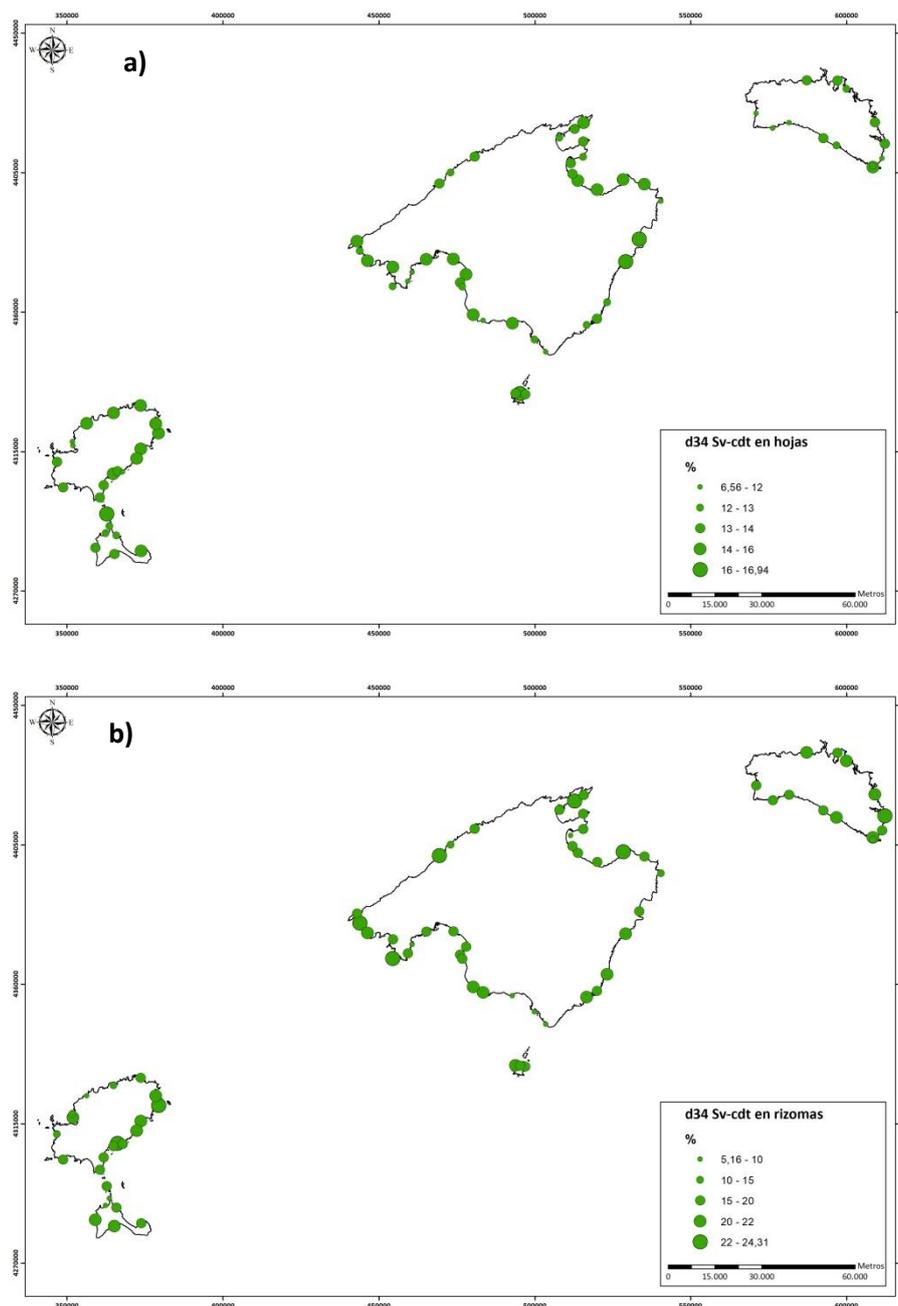
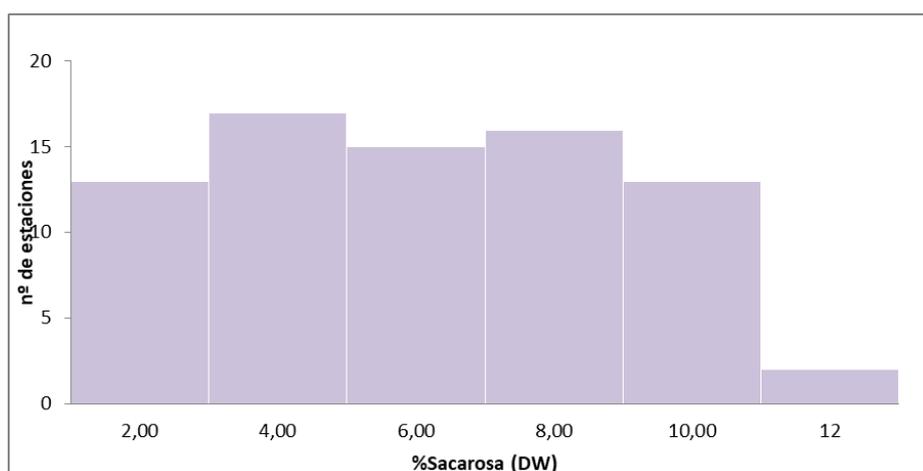


Figura: 23. Distribución de  $\delta^{34}\text{S}$  ‰ en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

### **Concentración de Carbohidratos no estructurales: Sacarosa y Almidón.**

Numerosos estudios indican que el aumento de las presiones antropogénicas en forma de aumento de carbono orgánico y exceso de nutrientes provocan que las reservas de carbohidratos no estructurales de la planta disminuyan (Romero *et al.*, 2007; Perez *et al.*, 2007; Delgado *et al.*, 1999).

Las concentraciones de Sacarosa han variado desde 0,06% en Can Picafort hasta 10,51% en Cap Pinar, encontrándose la mayoría de las estaciones con valores entre 3% y 6%(gDW) (Fig.24), con un promedio de  $5,11 \pm 0,32\%$ . Estas concentraciones son notablemente más bajas que las registradas en los estudios anteriores, donde se registraron los mínimos en s'Olla en el periodo 2007/2008 (2,86%) y en Cap de Menorca para el periodo 2005/2006 (0,19%) y los máximos en la Colònia de Sant Jordi para el periodo 2007/2008 (26,03%) y en Talamanca en el estudio anterior (10,19%). Entre los dos estudios anteriores se observó una mejoría de este parámetro, lo que se ha visto contrarrestado con los datos registrados en el presente estudio.



**Figura: 24. Histograma de la concentración de Sacarosa en %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*.**

Las concentraciones más altas estuvieron distribuidas entre las Pitiüses y la costa noroeste de Mallorca, mientras que las más bajas se encontraron todas en la zona de la Bahía de Alcúdia y la costa este de Mallorca (Fig. 25).

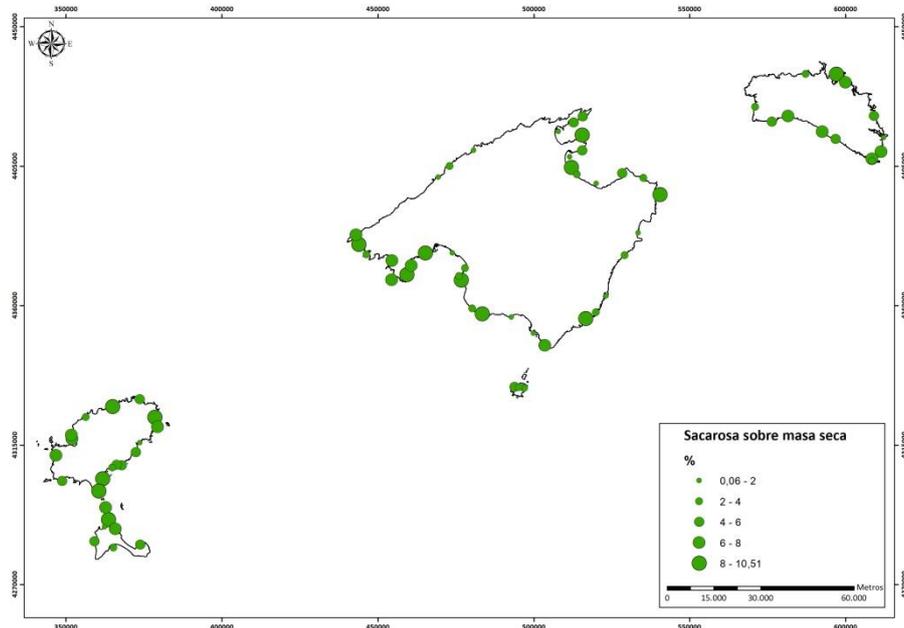


Figura: 25. Distribución de la concentración de Sacarosa en %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Las concentraciones de Almidón no han divergido mucho de las de Sacarosa, con un promedio de  $5,51 \pm 0,19\%$ (gDW), un máximo de 9,44% en Illetes (Puerto de Palma) y un mínimo en Son Serra de Marina, de 1,62%(gDW). La mayoría de las estaciones presentaron valores entre 4% y 8% (Fig.26).

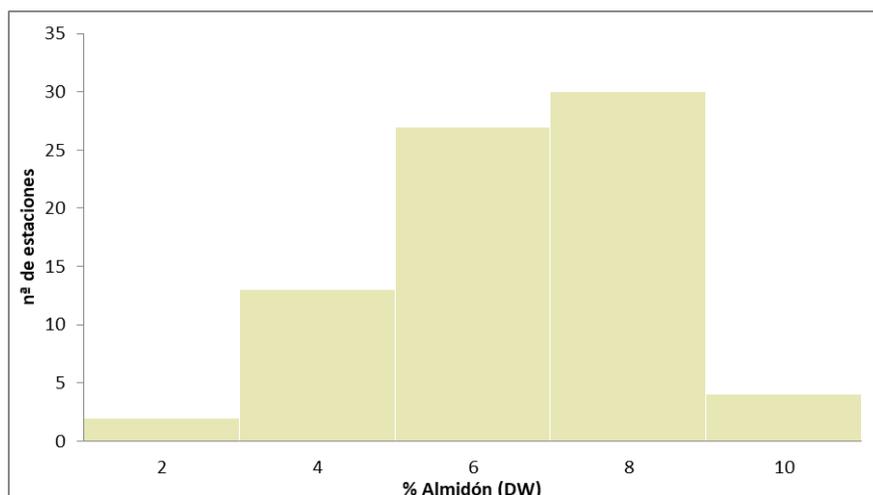


Figura: 26. Histograma de la concentración de Almidón %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*.



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia  
oceanica*. Año 2017.

UTE CBBA - FOA



Dichos valores también se encuentran por debajo de los observados en los estudios previos donde variaban entre 4,9% y 17,54% en 2005/2006 y 1,98% y 11,98% en 2007/2008.

Al igual que ocurría con la sacarosa, las concentraciones más bajas de almidón se observaron en la costa noreste de Mallorca y las más altas en Eivissa y la Bahía de Palma (Fig.27).

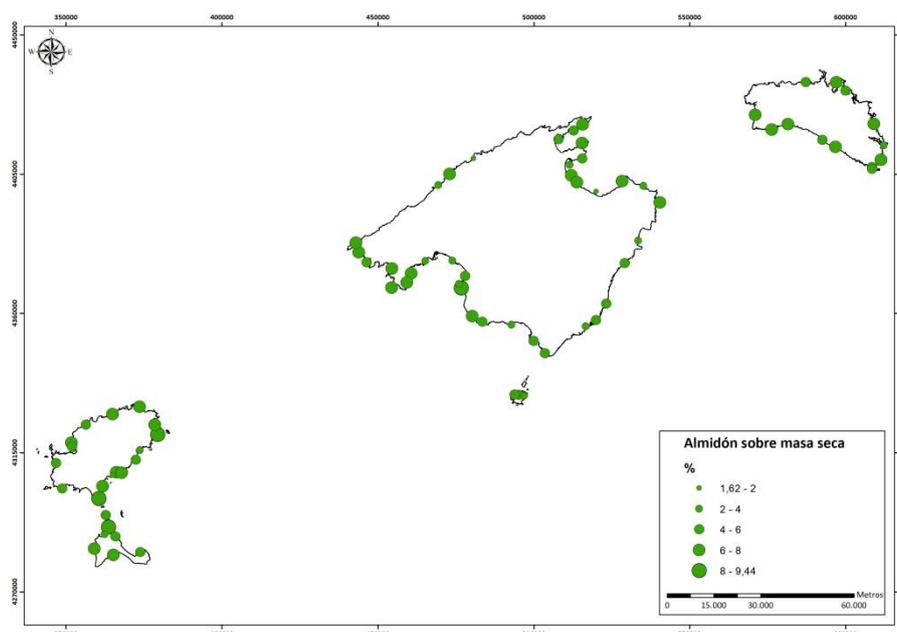


Figura: 27. Distribución de la concentración de Almidón %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

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

Para determinar el estado ecológico de las aguas costeras del mar Mediterráneo, la Directiva Marco contempla cuatro indicadores de calidad biológica, entre los que se encuentra el estado de las praderas de angiospermas marinas.

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

- su alta sensibilidad a las perturbaciones (disminución de la transparencia del agua, eutrofización, contaminación, erosión, etc.)
- su amplia distribución a lo largo las costas mediterráneas,
- 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).

El método multivariante POMI incluye un total de 14 descriptores:

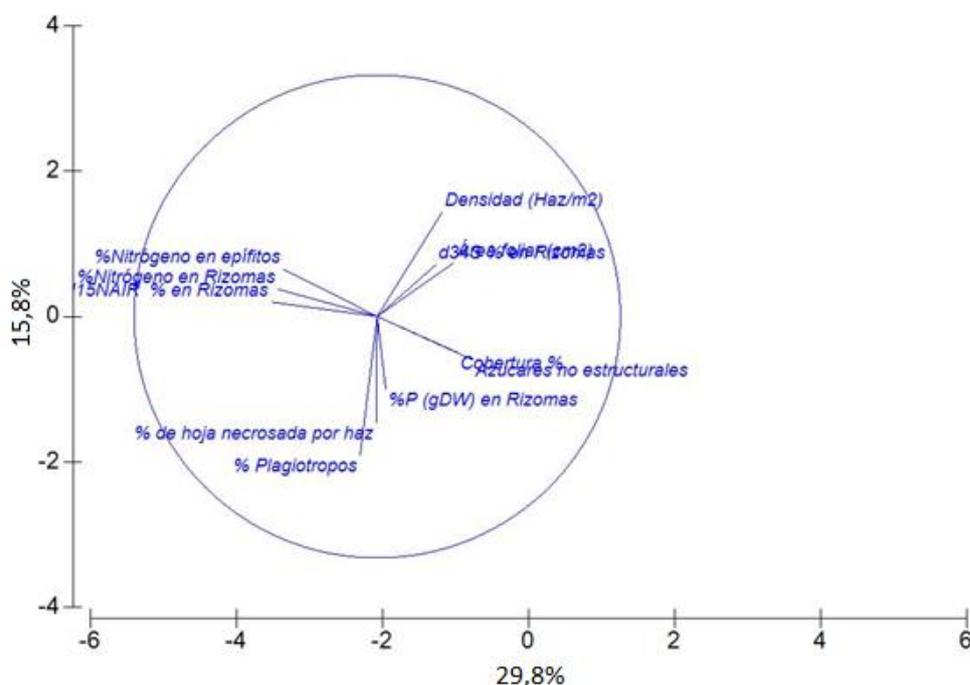
- Cobertura.
- Densidad de haces.
- Área foliar.
- Porcentaje de hojas con necrosis.
- Porcentaje de rizomas plagiotropos.
- Concentración de nitrógeno en los rizomas.
- Señal isotópica del nitrógeno ( $\delta^{15}\text{N}$ ) en los rizomas.
- Concentración de nitrógeno en los epífitos.
- Concentración de fósforo en los rizomas.
- Señal isotópica del azufre ( $\delta^{34}\text{S}$ ) en los rizomas.
- Contenido de sacarosa en los rizomas.
- Concentración de zinc en los rizomas.
- Concentración de cobre en los rizomas.
- Concentración de plomo en los rizomas.

Como hemos visto, el POMI14 se simplificó en el POMI 9, ya que minimiza la redundancia de métricas, manteniendo la alta sensibilidad al cambio del POMI 14. El POMI 11 aplicado respeta este principio, aumentando métricas.

Para conseguir las estaciones de referencia “óptima” y “pésima” se ordenan de mejor a peor todos los descriptores estudiados y se realiza el promedio del 10% de los mejores y peores valores para cada descriptor. En el presente estudio, de un total de 76 estaciones, se han utilizado los 7 mejores y los 7 peores datos de cada descriptor. Ni

el punto óptimo ni el pésimo son ninguna de las estaciones muestreadas, son estaciones virtuales, una recreación de unas condiciones límite teóricamente posibles.

En el presente estudio se tomaron todos los descriptores utilizados en el protocolo de Romero *et al.* (2007) (excepto los metales, que no fueron analizados porque se excluyeron del pliego del contrato actual) y, después de normalizar las variables, se realizó un análisis de componentes principales (Fig. 28). En él pueden verse la dirección y fuerza de los descriptores utilizados.



**Figura: 28.** Peso y dirección de los descriptores en el análisis PCA.

El eje 1 explica un 29,8% de la varianza, y junto con el segundo eje se consigue explicar un total del 45,3%.

Con el fin de conocer qué variables son las que más importancia tienen en la explicación de la varianza del eje I se ha realizado un análisis factorial sobre ellas (Fig. 29 y Tabla 10). En él, se pone de manifiesto que las variables que más fuerza han tenido en la ordenación de las estaciones han sido la  $\delta^{15}\text{N}\text{‰}$  en rizomas (0,863), % de Nitrógeno en los rizomas (0,672) y concentración de Sacarosa (-0,645).

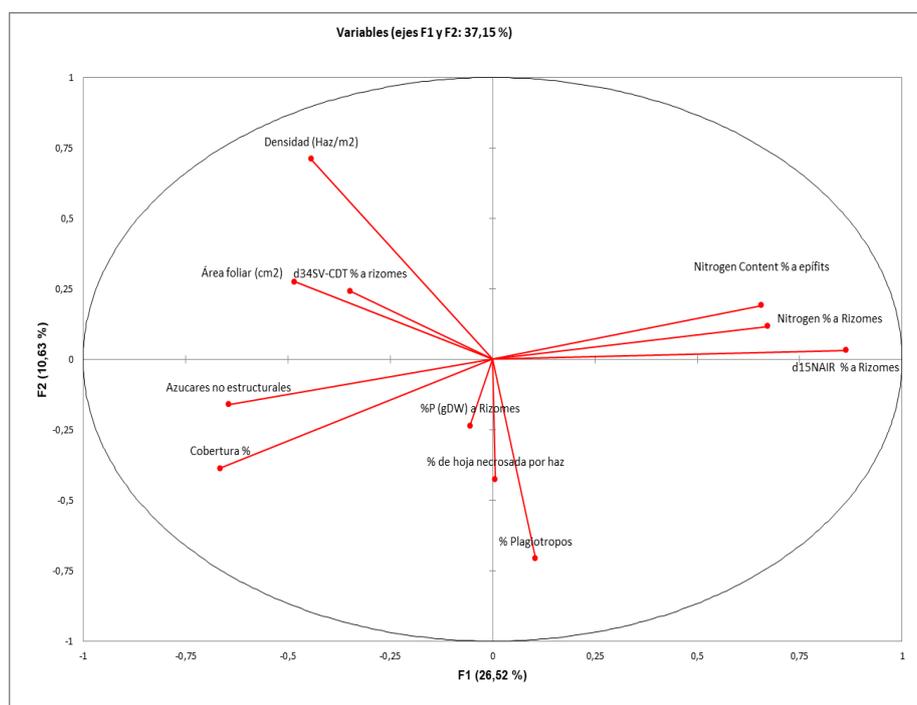
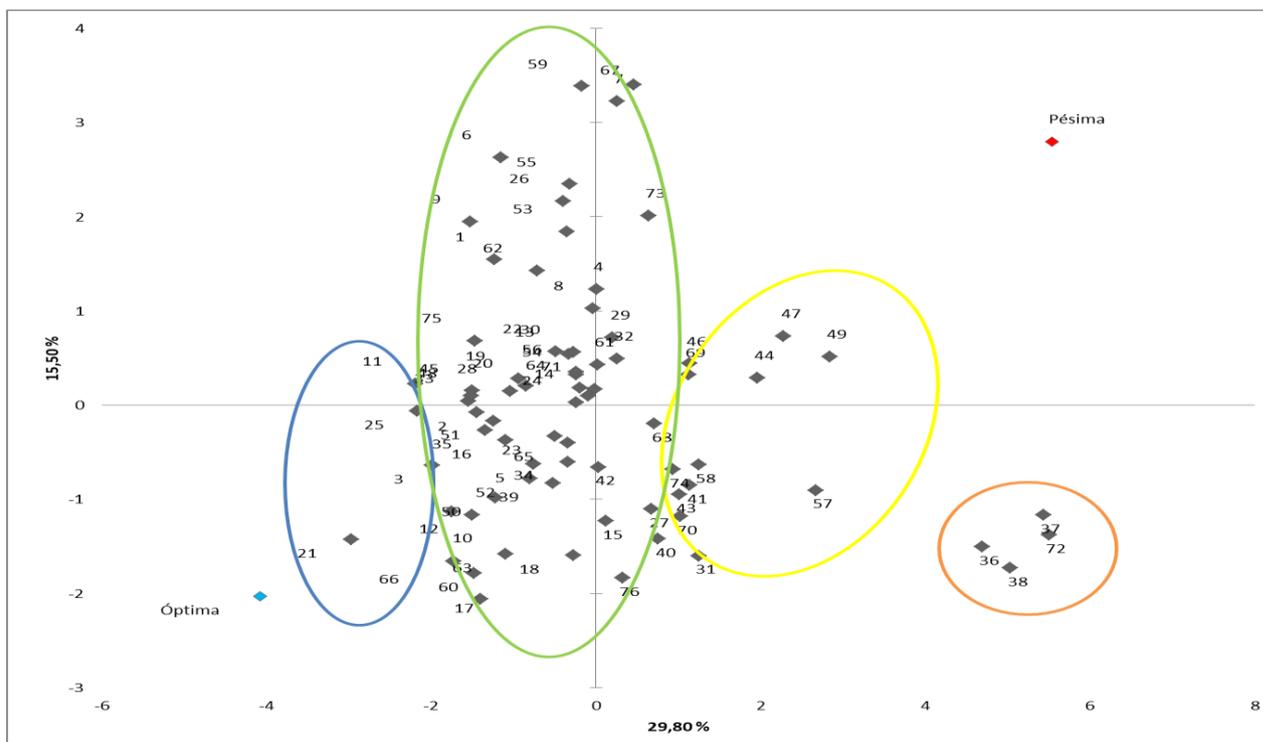


Figura: 29. Dirección y fuerza de las variables realizando un análisis factorial.

Tabla 11. Correlación de cada variable respecto al eje 1 al realizar un PCA con las variables del POMI 11.

	F1
% Plagiotropos	0,104
% de hoja necrosada por haz	0,006
Área foliar (cm2)	-0,484
Cobertura %	-0,666
Densidad (Haz/m2)	-0,443
Azucares no estructurales	-0,645
Nitrógen % en Rizomas	0,672
$\delta^{15}\text{N}$ % en Rizomas	0,863
Contenido de Nitrógeno en Epífitos.	0,656
$\delta^{34}\text{S}$ % en Rizomas	-0,349
%P (gDW) en Rizomas	-0,055

En la figura 30 se puede observar cómo se distribuyen las estaciones y en la tabla 11 las correspondencias de las estaciones con los números. Los círculos indican el estado ecológico de las estaciones que engloban.



**Figura: 30.** Ordenación de las estaciones según los descriptores seleccionados. Los círculos indican el estado ecológico de las estaciones que engloban (Azul “Muy bueno”, Verde “Bueno”, Amarillo (Aceptable) y Naranja (Deficiente).

**Tabla 12.** Correspondencia de los números de la figura 30 con las estaciones muestreadas.

1	Cala Torreta	39	Cala Metzoc
2	Es Pujols	40	Es Caló
3	Illetes (Formentera)	41	Cala Millor
4	Ses Salines	42	Cala Ratjada
5	Cala Llonga	43	Portocristo
6	Cala Tarida	44	Cala d'Or
7	Cap Llentrisca	45	Mondragó
8	Cap Mussons	46	Porto Colom
9	Cap Negret	47	Colonia de San Jordi
10	Sant Antoni	48	Es Caragol
11	Cala Llenya	49	S'Estanyol
12	Punta den Valls	50	Es Castell (Cabrera)
13	Punta d'es Gat	51	Santa María (Cabrera)



14	Punta Sa creu (Ibiza)	52	S'olla (Cabrera)
15	Santa Eulària	53	Cap Blanc
16	Punta dets Andreus	54	Punta Llobera
17	Platja den Bossa	55	Cap Enderrocat
18	Talamanca	56	Hotel Delta
19	Platja d'es Mitjorn	57	Cala Gamba
20	Punta Rasa	58	Son Verí
21	Punta de Sa Creu (Formentera)	59	Magaluf
22	Cala Figuera (Portals Vells)	60	Cala Es Grau
23	Cala Marmacen	61	Cala Morell
24	Dragonera	62	Illes Bledes
25	El Toro	63	S'Algar
26	Punta Galinda	64	S'arenal de s'Olla
27	Cala Deià	65	Fornells
28	Cala Tuent	66	Biniancolla
29	Cap de Formentor	67	Cala en Porter
30	Santa Ponça	68	Cala Galdana
31	Port de Soller	69	Cap de Ses Penyes
32	Illa de Formentor	70	Cala Blanca
33	Pollença	71	S'arenal de Son Saura
34	Cap de Menorca	72	Port d'Alcúdia Zona 2
35	Cap Pinar	73	Illetes
36	Can Picafort	74	Port Eivissa
37	Port d'Alcúdia	75	la Savina
38	Son Serra	76	Port Maó

A partir de los valores del primer eje del PCA de cada estación se han calculado los valores EQR' según la ecuación definida por Romero et al (2007):

$$EQR' = \frac{CI_x - CI_{pésima}}{CI_{óptima} - CI_{pésima}}$$

Donde  $CI_x$  es la puntuación respecto al eje I de la estación;  $CI_{pésima}$  es la puntuación del eje I de la estación con estado pésimo y  $CI_{óptima}$  es la puntuación del eje I con estado óptimo. Posteriormente se han corregido según los criterios establecidos por Romero et al según la siguiente fórmula:

$$EQR = \frac{EQR' + 0.11}{1 + 0.10}$$

Con esta corrección se consigue que por la simple presencia de *P.oceanica* se obtenga un valor de EQR mayor o igual a 0.1. En caso de que el elemento de calidad

desaparezca (por destrucción de la planta) se considera que el EQR tiene un valor inferior a 0,1.

En la tabla 12 se presentan los resultados por estación y en la tabla 13 por masa de agua.

**Tabla 13. Valor del EQR por estación. Estado ecológico; Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente".**

Estación	EQR-POMI 11
Pésima	0,100
Port d'Alcúdia Zona II	0,103
Port d'Alcúdia	0,110
Son Serra	0,148
Can Picafort	0,180
S'Estanyol	0,355
Cala Gamba	0,371
Colonia de San Jordi	0,408
Cala d'Or	0,439
Port de Soller	0,505
Son Verí	0,505
Cala Millor	0,516
Porto Colom	0,517
Cap de Ses Penyes	0,517
Cala Blanca	0,526
Portocristo	0,528
Port Eivissa	0,535
Es Caló	0,552
Cala Galdana	0,556
Cala Deià	0,559
Illetes	0,563
Cala en Porter	0,580
Port Maó	0,593
Illa de Formentor	0,599
Cap Llentrisca	0,599
Cap de Formentor	0,604
Santa Eulària	0,612
Cala Rajada	0,621
Cala Morell	0,622
Ses Salines	0,623
S'arenal de Son Saura	0,624
Cap Mussons	0,627
Punta Sa creu (Ibiza)	0,632



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

**Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia  
oceanica*. Año 2017.**

UTE CBBA - FOA



Magaluf	0,640
S'arenal de s'Olla	0,642
Punta Llobera	0,646
Dragonera	0,646
Hotel Delta	0,646
Santa Ponça	0,649
Talamanca	0,649
Cap Enderrocat	0,653
Punta d'es Gat	0,654
Cap de Menorca	0,655
Fornells	0,655
Cap Blanc	0,657
Punta Galinda	0,661
Cala Figuera (Portals Vells)	0,669
Cala Marmacen	0,670
Cala Metzoc	0,673
Illes Bledes	0,691
Cala Llonga	0,695
S'olla (Cabrerà)	0,699
Punta Rasa	0,703
Platja d'es Mitjorn	0,712
Cala Tuent	0,721
S'Algar	0,727
Punta dets Andreus	0,728
Cala Tarida	0,732
Es Castell (Cabrerà)	0,739
Cala Torreta	0,740
Santa María (Cabrerà)	0,740
Cap Pinar	0,750
Platja den Bossa	0,755
Es Pujols	0,760
la Savina	0,762
Cala Es Grau	0,763
Punta den Valls	0,765
Mondragó	0,765
Es Caragol	0,767
Cap Negret	0,768
Pollença	0,769
Biniacolla	0,787
Sant Antoni	0,788
Illetes (Formentera)	0,810

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p>  
--	--	--

El Toro	0,827
Cala Llenya	0,830
Punta de Sa Creu (Formentera)	0,904
Óptima	1,009

Tabla 14. Valor del EQR por masa de agua. Estado ecológico; Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente"

Masa de agua	EQR-POMI 11		
Pésima	0,100		
Port d'Alcúdia	0,103		
MAMC07M3	0,146		
MAMC15M3	0,438		
MAMC04M2	0,505		
MAMC11M3	0,510		
Port d'Eivissa	0,535		
MAMC09M3	0,555		
Port de Palma	0,563		
MAMC10M2	0,573		
MEMC05M2	0,575		
Port de Maó	0,593		
MEMC04M4	0,610		
EIMC05M3	0,612		
MAMC08M3	0,612		
MAMC03M2	0,628		
MAMC16M3	0,640		
EIMC03M4	0,643		
MAMC02M2	0,649		
MAMC14M3	0,650		
MAMC13M2	0,651		
MEMC02M3	0,655		
MAMC05M3	0,684		
EIMC01M2	0,684		
MEMC01M2	0,689		
MAMC01M2	0,695		
EIMC07M3	0,702		
MAMC06M2	0,703		
FOMC09M3	0,707		
MAMC12M2	0,726		
EIMC06M4	0,728		
EFMC08M4	0,733		
Port de Formentera	0,762		
EIMC02M4	0,788		
EIMC04M4	0,798		
FOMC10M2	0,904		
Óptima	1,009		

Según este análisis, dos masas de agua (cuatro estaciones) han presentado un estado deficiente, lo cual no había ocurrido en ninguno de los dos estudios anteriores. Estas masas de agua corresponden a la zona de la bahía de Alcúdia. Cuatro masas de agua y doce estaciones, han presentado un estado "aceptable", frente a las 5 estaciones (dos masas de agua) que en 2007-08 tuvieron ese estado y las solo dos estaciones (una masa de agua) que lo tuvieran en 2005-06. Un estado ecológico "bueno" lo han presentado un total de 54 estaciones y 26 masas de agua. En 2007-08 hubo 41 estaciones (20 masas de agua) y en 2005-06 28 estaciones y 18 masas de agua. Por último sólo 6 estaciones (todas situadas en Eivissa y Formentera, excepto una, en Mallorca) y 3 masas de agua (una de Formentera y dos de Eivissa) han presentado un estado ecológico "Muy bueno". Estos resultados son peores que los correspondientes a los estudios anteriores, que en 2007-08 presentaron 15 estaciones y 10 masas de agua y en 2005-06 23 estaciones y 11 masas de agua en estado "Muy Bueno".

Teniendo en cuenta que existen diferencias en la aplicación del método con respecto a los estudios anteriores, se han comparado los resultados (Tabla 14).

**Tabla 15. EQR obtenido en cada periodo por estación y masa de agua. Estado ecológico: Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente"**

Masa de agua	Estación	POMI 11	POMI 5	POMI 5
		EQR 2017/18	EQR 2008/09	EQR 2006
Pésima	Pésima	0,100		
Port d'Alcúdia	Port d'Alcúdia Zona 2	0,103		
MAMC07M3	Port d'Alcúdia	0,110	0,366	0,484
MAMC07M3	Son Serra	0,148	0,564	
MAMC07M3	Can Picafort	0,180	0,512	0,687
MAMC11M3	S'Estanyol	0,355	0,563	
MAMC15M3	Cala Gamba	0,371	0,486	0,606
MAMC11M3	Colonia de San Jordi	0,408		0,755
MAMC10M2	Cala d'Or	0,439	0,581	0,674
MAMC04M2	Port de Soller	0,505	0,65	
MAMC15M3	Son Verí	0,505	0,618	0,483
MAMC09M3	Cala Millor	0,516		0,818
MAMC10M2	Porto Colom	0,517		0,653
MEMC04M4	Cap de Ses Penyes	0,517	0,591	0,681
MEMC05M2	Cala Blanca	0,526	0,626	0,722
MAMC09M3	Portocristo	0,528	0,655	0,695
Port d'Eivissa	Port Eivissa	0,535		
MAMC08M3	Es Caló	0,552	0,751	
MEMC04M4	Cala Galdana	0,556	0,72	0,618
MAMC03M2	Cala Deià	0,559	0,693	0,84
Port de Palma	Illetes	0,563	0,771	0,764
MEMC04M4	Cala en Porter	0,580	0,655	
Port de Maó	Port Maó	0,593	0,633	0,579
MAMC05M3	Illa de Formentor	0,599	0,825	0,861
EIMC01M2	Cap Llentrisca	0,599	0,744	0,758
MAMC03M2	Cap de Formentor	0,604	0,758	0,856
EIMC05M3	Santa Eulària	0,612	0,539	0,645
MAMC09M3	Cala Ratjada	0,621		
MEMC01M2	Cala Morell	0,622	0,722	
EFMC08M4	Ses Salines	0,623		0,87
MEMC05M2	S'arenal de Son Saura	0,624	0,755	0,744
EIMC01M2	Cap Mussons	0,627	0,693	
EIMC03M4	Punta Sa creu (Ibiza)	0,632	0,848	
MAMC16M3	Magaluf	0,640	0,519	0,762



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

**Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia  
oceanica*. Año 2017.**

UTE CBBA - FOA



MEMC01M2	S'arenal de s'Olla	0,642	0,748	0,822
MAMC13M2	Punta Llobera	0,646	0,748	
MAMC14M3	Hotel Delta	0,646	0,66	0,567
MAMC01M2	Dragonera	0,646	0,847	0,818
MAMC02M3	Santa Ponça	0,649	0,645	0,643
EIMC07M3	Talamanca	0,649	0,777	0,771
MAMC14M3	Cap Enderrocat	0,653		
EIMC03M4	Punta d'es Gat	0,654	0,655	0,711
MAMC06M2	Cap de Menorca	0,655	0,782	0,744
MEMC02M3	Fornells	0,655	0,837	0,805
MAMC13M2	Cap Blanc	0,657	0,837	0,725
MAMC01M2	Punta Galinda	0,661	0,837	
MAMC01M2	Cala Figuera (Portals Vells)	0,669	0,7	0,689
MAMC01M2	Cala Marmacen	0,670	0,753	0,906
MAMC08M3	Cala Metzoc	0,673		0,834
MEMC01M2	Illes Bledes	0,691	0,73	0,703
EIMC01M2	Cala Llonga	0,695	0,747	0,835
MAMC12M2	S'olla (Cabrera)	0,699		0,914
FOMC09M3	Punta Rasa	0,703	0,75	0,679
FOMC09M3	Platja d'es Mitjorn	0,712	0,764	0,898
MAMC03M2	Cala Tuent	0,721		
MEMC01M2	S'Algar	0,727	0,669	
EIMC06M4	Punta dets Andreus	0,728	0,793	0,693
EIMC01M2	Cala Tarida	0,732	0,767	0,572
MAMC12M2	Es Castell (Cabrera)	0,739	0,748	0,982
MAMC12M2	Santa María (Cabrera)	0,740	0,882	0,893
EFMC08M4	Cala Torreta	0,740	0,742	0,888
MAMC06M2	Cap Pinar	0,750	0,88	
EIMC07M3	Platja den Bossa	0,755	0,776	0,823
EFMC08M4	Es Pujols	0,760	0,856	0,877
Port de Formentera	La Savina	0,762		
MEMC01M2	Cala Es Grau	0,763		0,784
MAMC10M2	Mondragó	0,765	0,659	0,663
EIMC04M4	Punta den Valls	0,765	0,722	0,811
MAMC11M3	Es Caragol	0,767	0,681	
EIMC01M2	Cap Negret	0,768	0,531	
MAMC05M3	Pollença	0,769	0,797	0,815
MEMC04M4	Biniacolla	0,787	0,713	0,66
EIMC02M4	Sant Antoni	0,788	0,769	0,807
EFMC08M4	Illetes (Formentera)	0,810	0,752	0,939
MAMC01M2	El Toro	0,827	0,786	

EIMC04M4	Cala Llenya	0,830	0,731	
FOMC10M2	Punta de Sa Creu (Formentera)	0,904	0,647	
Óptima	Óptima	1,009		

A continuación se representan el porcentaje de estaciones (Fig. 31) y masas de agua (Fig.32) de cada estado ecológico:

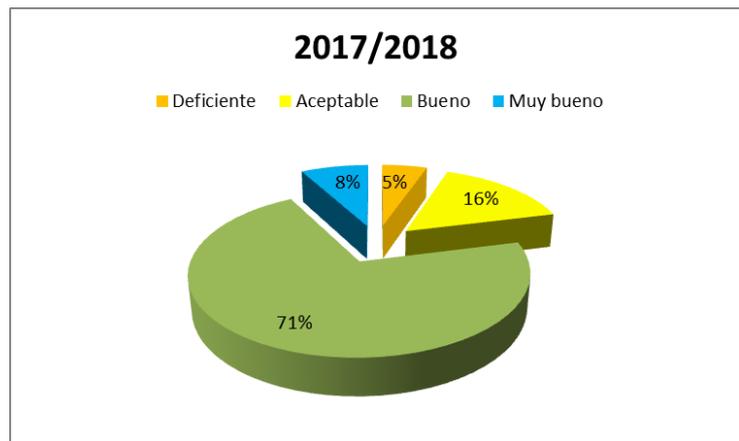


Figura 31. Porcentaje del número de estaciones de cada estado ecológico.

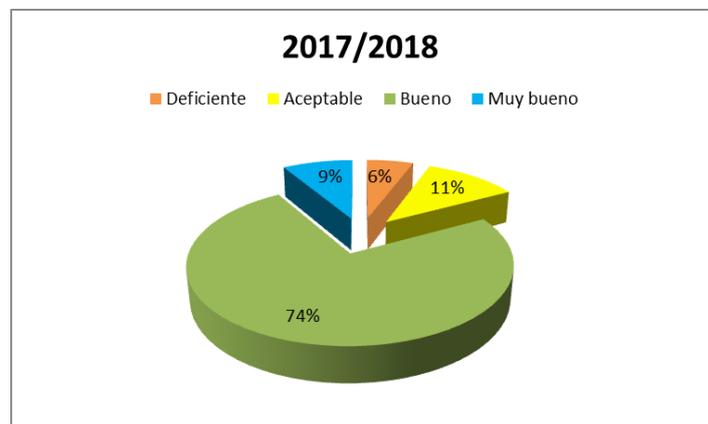


Figura 32. Porcentaje del número de masa de agua de cada estado ecológico

El número de estaciones que presenta un estado “Deficiente” ha aumentado un 5,26% y un 5,71% el de las masas de agua desde el año 2005. El estado “Aceptable” también ha aumentado, con una subida del 11,03% en las estaciones y un 8,1% en las masas de agua.

Siguiendo con esta dinámica, el estado “bueno” también ha aumentado, un 30,57% en las estaciones y un 14,29% en las masas de agua en global. Este aumento en el número de estaciones se vio principalmente entre los convenios anteriores, cuando aumentó en un solo año un 26,73%.

Por último, respecto al estado “Muy bueno” se ha observado una disminución muy importante, pasando de un 54,76% en 2005/06 a un 7,89% en 2017-18 (disminución casi del 50%) en las estaciones. En las masas de agua la disminución registrada no ha sido tan importante, aunque igual de preocupante pasando de un 35,71% en 2005-06 a un 8,57% en 2017-18 (disminución de casi un 30%).

Los resultados obtenidos apuntan a una disminución del estado ecológico de las masas de agua costeras según este indicador, y parece indicar un proceso de deterioro de las praderas de *Posidonia oceanica* en la Demarcación Hidrográfica de las Illes Balears.

A continuación se representan como han variado en porcentaje los estados ecológicos entre los diferentes estudios tanto de estaciones como de masas de agua (Tabla 15).

**Tabla 16. Variación del porcentaje de los estados ecológicos en a) estaciones y b) masas de agua.**

a)	2007/08-2017/18	2005/06-2007/08	Global	b)	2007/08-2017/18	2005/06-2007/08	Global
Deficiente	↑ 5,26	0	↑5,26	Deficiente	↑ 5,7	0	↑5,7
Aceptable	↑ 7,59	↑ 3,44	↑11,03	Aceptable	↑ 5,18	↑ 2,92	↑ 8,1
Bueno	↑ 3,84	↑ 26,73	↑ 40,48	Bueno	↑ 11,79	↑ 2,5	↑ 14,29
Muy bueno	↓ 16,7	↓ 30,17	↓ 46,87	Muy bueno	↓ 22,68	↓ 5,42	↓ 28,1

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

## Anexo 1. Análisis de los resultados actuales según criterios de estudios anteriores.

En los dos estudios anteriores se aplicó el índice POMI 5 en la DHIB (estudios desarrollados por IMEDEA en los periodos 2005/2006 y 2007/2008). Los descriptores que no se utilizaron, pese a que se analizaron, y los motivos aducidos por los autores de esos estudios, fueron:

- densidad: descriptor que en Baleares no contribuía a explicar la varianza reflejada en el Eje I del análisis PCA
- superficie foliar y porcentaje de hojas necrosadas: gran parte de la variabilidad observada entre localidades estaba influenciada por la fecha de muestreo
- metales, concentración de N en epifitos, concentración de sacarosa en rizomas: al incluir estos descriptores en el análisis, las puntuaciones en el Eje I de estaciones de referencia óptima y pésima eran inferiores a las de algunas estaciones muestreadas.

Por lo tanto, en las dos primeras ocasiones en que se aplicó el índice POMI se analizó el estado ecológico utilizando sólo cinco descriptores:

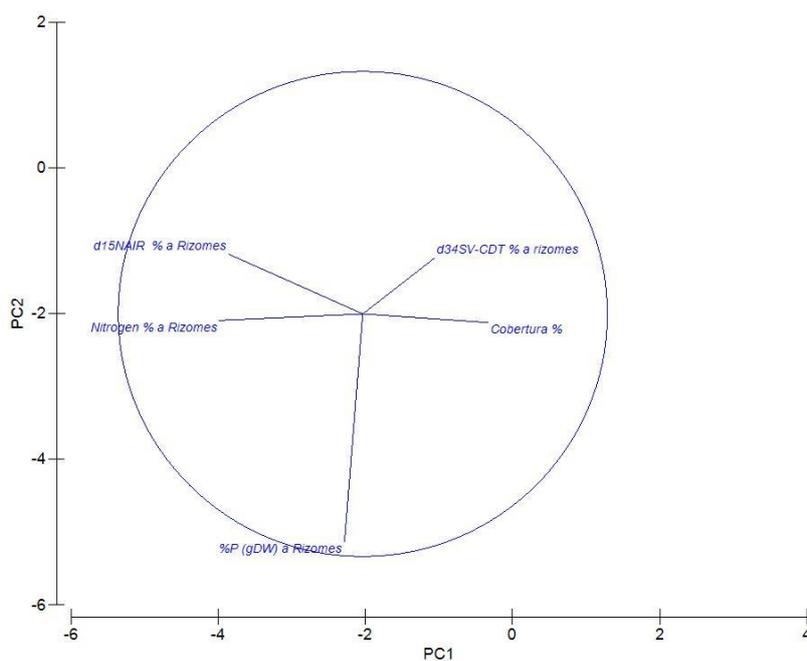
- % en peso seco de Nitrógeno en los rizomas
- % en peso seco de Fósforo en los rizomas
- Cobertura de la pradera
- $\delta^{34}\text{S}$  en rizomas
- $\delta^{15}\text{N}$  en rizomas

Además, en lugar de utilizar el 10% de los mejores y los peores resultados para cada descriptor con el fin de calcular las estaciones de referencia óptima y pésima, sólo se utilizaron los tres mejores resultados y los tres peores para cada descriptor. Esta circunstancia fue recogida por el ejercicio de intercalibración de 2013. Y para calcular la estación de referencia pésima no se utilizaron los datos recogidos en Baleares, sino que se tomaron las peores estaciones de estudios realizados en la costa catalana. Este hecho hace que la comparación con el actual estudio sea complicada debido a que el análisis multivariante PCA ordena las estaciones según las estaciones óptima y pésima, por tanto si la estación pésima es de otra zona que *a priori* tiene peores características, el resto de estaciones pueden quedar situadas más próximas a la estación óptima. Al comparar esos resultados con un análisis donde la estación pésima tiene mejores características y la óptima tiene las mismas, el resto de estaciones se ordenarán más cerca de la pésima que en los estudios anteriores.

Todo ello (menos descriptores utilizados, menos estaciones para crear las virtuales, escoger estaciones de referencia pésima de zonas peores) hace que los estudios

anteriores sobreestimen el estado biológico de la especie indicadora en relación al estudio actual.

Con la finalidad de facilitar la compatibilidad, en este anexo se ha calculado el POMI 5 de la campaña actual, escogiendo también solamente las tres mejores y las tres peores estaciones de cada descriptor para calcular las estaciones virtuales de referencia.



**Figura: Peso y dirección de los descriptores en el análisis PCA para POMI 5**

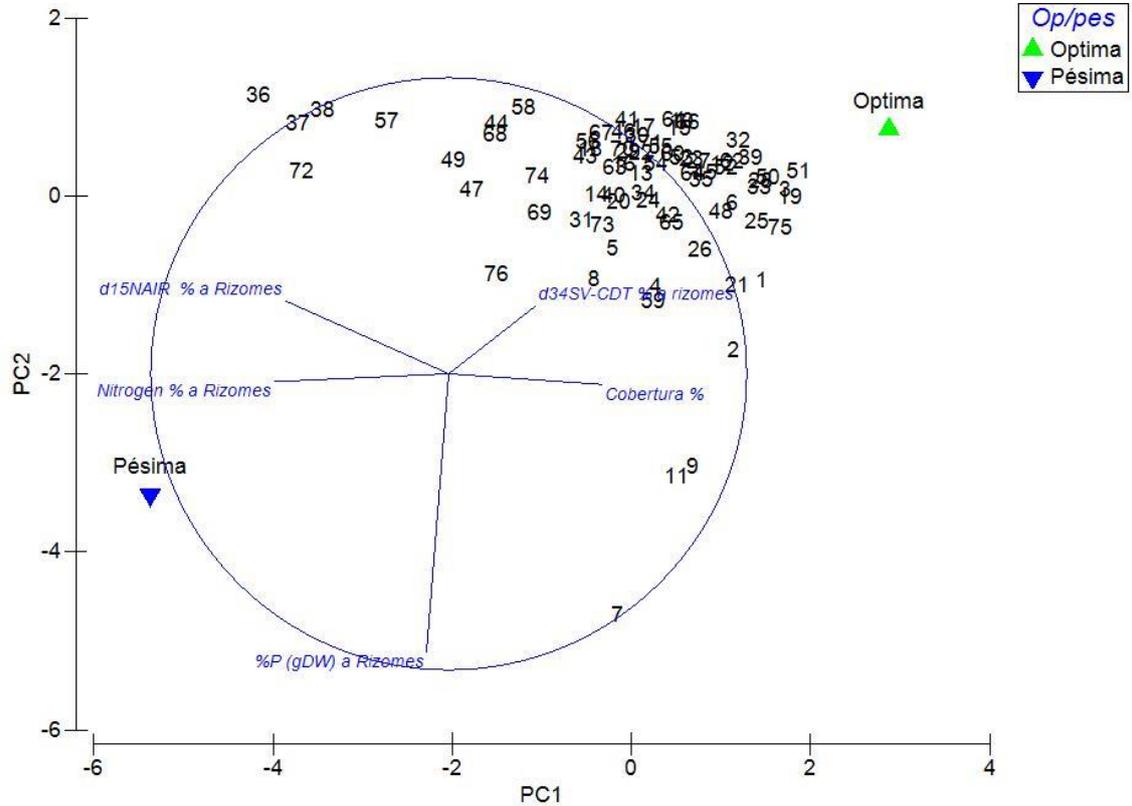


Figura: Ordenación de las estaciones POMI 5

Tabla. Correspondencia de los números de la figura 31 con las estaciones muestreadas.

1	Cala Torreta	39	Cala Metzoc
2	Es Pujols	40	Es Caló
3	Illetes (Formentera)	41	Cala Millor
4	Ses Salines	42	Cala Ratjada
5	Cala Llonga	43	Portocristo
6	Cala Tarida	44	Cala d'Or
7	Cap Llentrisca	45	Mondragó
8	Cap Mussons	46	Porto Colom
9	Cap Negret	47	Colonia de San Jordi
10	Sant Antoni	48	Es Caragol
11	Cala Llenya	49	S'Estanyol
12	Punta den Valls	50	Es Castell (Cabrera)
13	Punta d'es Gat	51	Santa María (Cabrera)
14	Punta Sa creu (Ibiza)	52	S'olla (Cabrera)
15	Santa Eulària	53	Cap Blanc
16	Punta dets Andreus	54	Punta Llobera
17	Platja den Bossa	55	Cap Enderrocat

18	Talamanca	56	Hotel Delta
19	Platja d'es Mitjorn	57	Cala Gamba
20	Punta Rasa	58	Son Verí
21	Punta de Sa Creu (Formentera)	59	Magaluf
22	Cala Figuera (Portals Vells)	60	Cala Es Grau
23	Cala Marmacen	61	Cala Morell
24	Dragonera	62	Illes Bledes
25	El Toro	63	S'Algar
26	Punta Galinda	64	S'arenal de s'Olla
27	Cala Deià	65	Fornells
28	Cala Tuent	66	Biniancolla
29	Cap de Formentor	67	Cala en Porter
30	Santa Ponça	68	Cala Galdana
31	Port de Soller	69	Cap de Ses Penyes
32	Illa de Formentor	70	Cala Blanca
33	Pollença	71	S'arenal de Son Saura
34	Cap de Menorca	72	Port d'Alcúdia Zona 2
35	Cap Pinar	73	Illetes
36	Can Picafort	74	Port Eivissa
37	Port d'Alcúdia	75	la Savina
38	Son Serra	76	Port Maó

Utilizando estos cinco descriptores, la estación de Can Picafort se encuentra en estado “Malo” (por debajo de la estación pésima), 4 estaciones en estado “Deficiente”, 8 en estado “Aceptable”, 42 en estado “Bueno” y 21 en estado “Muy bueno”. La metodología POMI no permite tener estaciones reales peores que la estación pésima. En cualquier caso, su estado se podría clasificar como muy malo, peor que malo o malo.

Al analizar las masas de agua no hay ninguna en estado “Malo”, 2 en estado “Deficiente”, 4 en estado “Aceptable”, 23 en estado “Bueno” y 6 en estado “Muy bueno”

En la siguiente tabla se presentan los resultados del EQR por estación y por masa de agua durante los tres periodos de estudio, utilizando los cinco descriptores.

Tabla. EQR- POMI 5 obtenido en cada periodo por estación. Estado ecológico: Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente" y Rojo "Malo".

Masa de agua	Estación	POMI 5		
		EQR 17/18	EQR 08/09	EQR 05/06
MAMC07M3	Can Picafort	0,050	0,512	0,687
Pésima	Pésima	0,100		
MAMC07M3	Port d'Alcúdia	0,120	0,366	0,484
Port d'Alcúdia	Port d'Alcúdia Zona 2	0,132		
MAMC07M3	Son Serra	0,152	0,564	
MAMC15M3	Cala Gamba	0,260	0,486	0,606
MAMC11M3	S'Estanyol	0,370	0,563	
MAMC11M3	Colonia de San Jordi	0,405		0,755
MEMC04M4	Cala Galdana	0,430	0,72	0,618
MAMC10M2	Cala d'Or	0,433	0,581	0,674
Port de Maó	Port Maó	0,460	0,633	0,579
MAMC15M3	Son Verí	0,476	0,618	0,483
Port d'Eivissa	Port Eivissa	0,506		
MEMC04M4	Cap de Ses Penyes	0,513	0,591	0,681
MAMC14M3	Hotel Delta	0,579	0,66	0,567
MAMC09M3	Portocristo	0,580	0,655	0,695
EIMC07M3	Talamanca	0,582	0,777	0,771
MAMC04M2	Port de Soller	0,584	0,65	
MEMC04M4	Cala en Porter	0,598	0,655	
EIMC03M4	Punta Sa creu (Ibiza)	0,601	0,848	
EIMC01M2	Cap Mussons	0,612	0,693	
Port de Palma	Illetes	0,622	0,771	0,764
MEMC01M2	S'Algar	0,626	0,669	
MAMC08M3	Es Caló	0,632	0,751	
FOMC09M3	Punta Rasa	0,636	0,75	0,679
MEMC05M2	Cala Blanca	0,636	0,626	0,722
MAMC10M2	Porto Colom	0,636		0,653
EIMC01M2	Cala Llonga	0,639	0,747	0,835
EIMC06M4	Punta dets Andreus	0,639	0,793	0,693
MAMC09M3	Cala Millor	0,639		0,818
MAMC03M2	Cap de Formentor	0,646	0,758	0,856
MAMC02M2	Santa Ponça	0,660	0,645	0,643
EIMC03M4	Punta d'es Gat	0,665	0,655	0,711
EIMC07M3	Platja den Bossa	0,665	0,776	0,823
MAMC01M2	Cala Figuera (Portals Vells)	0,666	0,7	0,689



MEMC05M2	S'Arenal de Son Saura	0,678	0,755	0,744
MAMC06M2	Cap de Menorca	0,679	0,782	0,744
MAMC01M2	Dragonera	0,684	0,847	0,818
MAMC13M2	Punta Llobera	0,689	0,748	
MAMC14M3	Cap Enderrocat	0,698		
MEMC01M2	Cala Morell	0,712	0,722	
MEMC01M2	Cala Es Grau	0,714		0,784
MAMC16M3	Magalluf	0,716	0,519	0,762
EFMC08M4	Ses Salines	0,717		0,87
EIMC02M4	Sant Antoni	0,721	0,769	0,807
EIMC01M2	Cap Llentrisca	0,722	0,744	0,758
MAMC09M3	Cala Ratjada	0,722		
EIMC05M3	Santa Eulària	0,724	0,539	0,645
MEMC02M3	Fornells	0,725	0,837	0,805
MAMC13M2	Cap Blanc	0,728	0,837	0,725
MEMC04M4	Biniancolla	0,734	0,713	0,66
MAMC01M2	Cala Marmacen	0,745	0,753	0,906
MEMC01M2	S'arenal de s'Olla	0,748	0,748	0,822
MAMC03M2	Cala Deià	0,758	0,693	0,84
MAMC06M2	Cap Pinar	0,764	0,88	
MAMC10M2	Mondragó	0,769	0,659	0,663
MAMC01M2	Punta Galinda	0,777	0,837	
EIMC04M4	Cala Llenya	0,787	0,731	
EIMC04M4	Punta den Valls	0,793	0,722	0,811
MAMC11M3	Es Caragol	0,803	0,681	
MAMC12M2	s'Olla (Cabrera)	0,803		0,914
EIMC01M2	Cap Negret	0,810	0,531	
MEMC01M2	Illes Bledes	0,811	0,73	0,703
MAMC05M3	Illa de Formentor	0,818	0,825	0,861
EIMC01M2	Cala Tarida	0,819	0,767	0,572
MAMC08M3	Cala Metzoc	0,839		0,834
FOMC10M2	Punta de Sa Creu (Formentera)	0,842		
EFMC08M4	Es Pujols	0,849	0,856	0,877
MAMC05M3	Pollença	0,859	0,797	0,815
MAMC03M2	Cala Tuent	0,860		
MAMC01M2	El Toro	0,861	0,786	
MAMC12M2	Es Castell (Cabrera)	0,870	0,748	0,982
EFMC08M4	Cala Torreta	0,879	0,742	0,888
Port de Formentera	La Savina	0,898		
EFMC08M4	Illetes (Formentera)	0,899	0,752	0,939
FOMC09M3	Platja d'es Mitjorn	0,910	0,764	0,898

MAMC12M2	Santa María (Cabrera)	0,917	0,882	0,893
Optima	Óptima	1,009		

Al haberse tenido en cuenta un número de estaciones y de masas de agua diferentes en cada uno de los tres estudios realizados, conviene representar los resultados en forma de porcentaje por estado de calidad para facilitar su comparación, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla. Porcentaje del estado ecológico (POMI 5) de a) estaciones y b) masas de agua en los tres estudios realizados.**

a)	20017/18	2007/08	2005/06	b)	20017/18	2007/08	2005/06
Malo	1,32	0,00	0,00	Malo	0,00	0,00	0,00
Deficiente	5,26	0,00	0,00	Deficiente	5,71	0,00	0,00
Aceptable	10,53	8,6	3,77	Aceptable	11,43	6,25	3,33
Bueno	55,26	67,74	52,83	Bueno	65,71	62,5	60,00
Muy bueno	27,63	24,19	43,40	Muy bueno	17,14	31,25	36,67

La variación de los porcentajes que aparecen en la tabla anterior, entre un estudio y otro, y su signo, se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla. Variación del porcentaje del estado ecológico de a) estaciones y b) masas de agua entre los tres estudios realizados.**

a)	2007/08-2017/18	2005/06-2007/08	Global	b)	2007/08-2017/18	2005/06-2007/08	Global
Malo	↑1,3	0	↑1,3	Malo	0	0	0
Deficiente	↑5,3	0	↑5,3	Deficiente	↑5,7	0	↑5,7
Aceptable	↑0,9	↑5,9	↑6,8	Aceptable	↑5,1	↑2,9	↑8,1
Bueno	↓12,5	↑14,9	↑2,4	Bueno	↑3,2	↑2,5	↑5,7
Muy bueno	↑3,44	↓19,21	↓15,8	Muy bueno	↓14,11	↓5,4	↓19,5

La aparición de estaciones en estado malo y deficiente supone un aumento de 1,32% y 5,26%, respectivamente, en el porcentaje de estaciones de ese estado. El porcentaje de masas de agua que presenta el estado de “Deficiente” es de 5,71%.

El porcentaje de estaciones en estado “Aceptable” ha aumentado un 6,76% mientras que el de estaciones lo ha hecho un 8,1%.

Las estaciones con un estado “Bueno” han aumentado un 2,43% respecto al estudio del bienio 2005/06, pero ha disminuido un 12,48% respecto al del 2007/08. Respecto a las masas de agua, se ha producido un aumento general del 5,71%.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

Las estaciones con el estado de calidad “Muy bueno” han disminuido un 15,77% al compararlo con el estudio realizado en 2005-06. Por el contrario, al compararlo con el estudio del 2007-08 ha presentado una mejoría del 5,05%. Al estudiar las masas de agua de este estado el resultado es una disminución de casi un 20% en global.

A la luz de estos resultados las zonas que más preocupan por su deterioro son las que se encuentran en la bahía de Alcudia y zonas cercanas.

**Anexo 2. Promedio y error estándar de los descriptores estructurales y fenológicos: Densidad, Cobertura, %de rizomas plagiotropos, superficie foliar, % de necrosis foliar y carga de epífitos foliares.**

Estación	Densidad (haz/m <sup>2</sup> )		%Plagiotropos		Cobertura (%)		Superficie Foliar (cm <sup>2</sup> )		%Necrosis Foliar		Epífitos (mg/cm <sup>2</sup> )	
	Promedio	ES	Promedio	ES	Promedio	ES	Promedio	ES	Promedio	ES	Promedio	ES
Biniacolla	1020,80	204,61	4,74%	12,37	64,67	4,21	14,25	3,78	23,21%	0,06	0,39	0,19
Cala Blanca	612,80	127,00	7,66%	15,55	69,50	4,36	10,07	1,94	9,35%	0,04	0,07	0,03
Cala Deià	390,40	80,39	11,00%	11,22	84,33	1,01	16,64	2,34	23,43%	0,05	0,26	0,02
Cala d'Or	324,80	101,62	19,73%	16,23	68,00	2,75	8,53	1,72	37,40%	0,06	0,36	0,04
Cala en Porter	264,89	127,83	7,05%	19,69	66,00	4,01	12,50	2,62	37,18%	0,05	0,42	0,18
Cala Es Grau	1161,60	110,88	7,19%	12,92	50,50	2,75	12,66	2,92	16,25%	0,04	0,24	0,06
Cala Figuera (Portals Vells)	355,20	67,84	9,56%	16,01	69,83	3,47	13,24	2,52	43,45%	0,08	0,37	0,06
Cala Galdana	356,80	64,01	9,59%	22,01	48,83	8,13	14,63	2,84	10,60%	0,05	0,51	0,05
Cala Gamba	336,00	98,77	4,19%	11,60	52,83	4,63	12,93	3,21	45,90%	0,10	2,21	0,58
Cala Llenya	683,20	129,88	8,81%	10,14	69,00	10,82	20,54	4,95	16,90%	0,03	0,84	0,32
Cala Llonga	534,40	167,57	6,61%	10,92	65,00	2,52	17,53	4,32	19,46%	0,03	0,70	0,09

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p>  <p>Centre Balear de Biologia Aplicada      ambiental s.l.</p>
--	--	---

Cala Marmacen	350,22	129,44	5,55%	11,76	71,50	1,53	23,32	4,01	8,81%	0,04	0,35	0,03
Cala Metzoc	396,80	59,34	6,37%	8,49	72,00	4,04	18,32	3,26	1,43%	0,01	0,21	0,08
Cala Millor	408,00	89,44	24,42%	23,78	78,17	4,34	12,45	2,64	0,00%	0,00	1,64	0,43
Cala Morell	409,60	106,83	5,87%	10,15	65,17	1,17	12,37	2,25	9,29%	0,03	0,04	0,01
Cala Ratjada	363,20	106,27	4,53%	8,96	86,50	0,87	18,28	3,26	11,55%	0,04	0,22	0,05
Cala Tarida	332,44	134,19	11,28%	10,43	81,50	3,13	16,37	3,40	20,85%	0,05	0,31	0,07
Cala Torreta	307,20	92,96	2,82%	6,69	93,33	0,88	17,06	4,34	5,33%	0,03	0,34	0,14
Cala Tuent	323,56	132,13	6,56%	25,23	72,50	3,46	17,68	2,77	39,42%	0,02	0,32	0,01
Can Picafort	237,33	77,20	5,14%	15,81	34,33	2,80	13,44	2,31	11,29%	0,04	0,24	0,13
Cap Blanc	389,33	139,12	2,83%	10,51	70,00	1,61	12,97	2,69	38,10%	0,07	0,31	0,05
Cap de Formentor	288,00	71,55	9,82%	19,13	65,67	4,37	12,47	2,54	26,40%	0,06	0,11	0,01
Cap de Menorca	520,00	119,41	4,67%	12,57	71,08	1,18	15,38	2,85	13,88%	0,04	0,05	0,01
Cap de Ses Penyes	250,67	90,89	8,88%	11,77	65,83	2,46	18,51	3,91	10,30%	0,02	0,76	0,29
Cap Enderrocat	384,00	154,21	6,70%	21,04	82,17	2,33	8,40	1,68	71,48%	0,03	0,41	0,09
Cap Llentrisca	232,00	84,87	2,47%	10,97	78,75	7,43	8,92	1,94	35,95%	0,05	1,17	0,33

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p>  <p>Centre Balear de Biologia Aplicada FOA ambiental s.l.</p>
--	--	--

Cap Mussons	368,00	120,11	8,10%	19,08	56,50	3,88	17,75	3,96	20,28%	0,06	0,21	0,06
Cap Negret	256,00	125,19	8,00%	20,14	80,53	2,42	22,92	4,81	26,79%	0,06	0,41	0,02
Cap Pinar	448,00	57,69	8,39%	16,66	72,33	8,62	14,60	2,95	41,47%	0,07	0,07	0,03
Colonia de San Jordi	284,44	63,19	6,44%	11,48	58,48	4,07	9,39	1,92	8,33%	0,04	0,56	0,12
Dragonera	328,00	81,10	12,09%	14,81	75,17	3,71	14,99	3,18	12,71%	0,06	0,24	0,07
El Toro	464,00	77,29	7,54%	9,32	81,50	2,08	17,88	3,26	46,90%	0,06	0,09	0,01
Es Caló	393,60	71,39	10,10%	20,18	75,33	1,92	18,65	3,39	0,00%	0,00	0,28	0,08
Es Caragol	606,40	106,19	7,99%	17,25	73,67	7,44	18,19	3,81	16,98%	0,03	0,21	0,03
Es Castell (Cabrera)	350,40	87,71	10,86%	12,75	84,33	0,44	20,16	3,05	16,79%	0,04	0,26	0,06
Es Pujols	566,40	91,17	4,66%	10,60	84,00	4,77	12,78	2,63	0,00%	0,00	0,72	0,04
Fornells	395,20	64,01	11,64%	10,09	77,83	1,76	10,83	1,64	3,67%	0,02	0,28	0,08
Hotel Delta	460,80	173,38	4,17%	11,08	78,50	4,75	13,64	3,68	73,38%	0,07	0,15	0,01
Illa de Formentor	272,00	58,67	6,25%	18,05	82,50	4,27	10,03	1,75	21,43%	0,07	0,27	0,05
Illes Bledes	378,00	172,60	20,67%	12,06	64,83	1,17	13,64	3,07	16,37%	0,03	0,03	0,00
Illetes	128,00	58,38	7,28%	19,17	66,33	2,46	6,73	2,07	33,62%	0,03	0,77	0,29

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	---

Illetes (Formentera)	632,00	152,84	7,41%	17,40	72,17	1,30	17,83	4,50	11,17%	0,04	0,52	0,11
La Savina	462,40	75,70	7,13%	11,10	90,67	8,09	17,47	4,82	18,38%	0,03	0,09	0,02
Magaluf	164,00	84,97	11,31%	11,94	85,00	5,35	8,86	1,76	27,72%	0,07	0,34	0,15
Mondragó	465,60	107,92	6,06%	11,48	69,33	1,30	16,30	3,43	36,48%	0,06	0,48	0,12
Platja den Bossa	908,80	178,87	8,53%	9,58	70,83	2,68	21,06	3,27	1,43%	0,01	0,32	0,05
Platja d'es Mitjorn	448,00	121,74	9,71%	10,67	80,42	4,81	10,80	2,14	33,48%	0,05	0,69	0,14
Pollença	366,40	81,14	7,36%	19,20	92,33	2,52	13,63	2,95	11,68%	0,03	0,08	0,03
Port d'Alcúdia	196,80	78,03	7,46%	22,65	48,00	10,89	11,16	1,83	6,29%	0,03	0,39	0,02
Port d'Alcúdia Zona 2	262,00	108,68	7,08%	13,35	29,67	6,95	10,75	2,20	0,00%	0,00	0,18	0,06
Port de Sóller	355,20	52,47	8,71%	16,42	62,00	4,77	20,85	4,54	30,06%	0,06	0,22	0,01
Port Eivissa	590,40	112,31	11,71%	17,76	66,17	2,96	10,87	2,12	16,12%	0,07	1,31	0,04
Port Maó	1028,80	130,97	4,50%	19,42	37,83	11,20	11,32	2,01	21,23%	0,04	0,80	0,25
Porto Colom	208,00	60,34	3,14%	7,69	72,50	12,29	8,64	2,17	41,44%	0,05	0,17	0,07
Portocristo	430,40	62,30	6,15%	17,09	75,67	4,13	10,99	1,70	0,00%	0,00	0,45	0,15
Punta den Valls	700,80	130,07	7,21%	21,57	80,50	4,54	24,70	6,37	23,67%	0,03	0,48	0,12

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	---

Punta d'es Andreus	688,00	120,33	8,10%	13,83	72,33	1,20	16,43	2,81	10,77%	0,04	0,40	0,06
Punta d'es Gat	326,40	142,73	4,20%	10,25	67,92	6,27	14,99	3,55	30,51%	0,06	0,13	0,05
Punta Galinda	272,00	113,39	11,76%	15,20	66,50	2,00	13,28	2,48	17,55%	0,05	0,29	0,09
Punta Llobera	363,20	89,09	13,58%	20,07	74,67	1,74	12,77	2,57	28,49%	0,04	0,55	0,07
Punta Rasa	476,80	140,38	12,02%	17,78	63,83	4,48	12,12	2,49	18,45%	0,05	0,26	0,03
Punta sa Creu (Eivissa)	272,00	119,88	5,44%	8,55	81,08	2,87	18,70	3,22	9,46%	0,04	0,52	0,19
Punta sa Creu (Formentera)	812,80	238,32	7,34%	9,09	76,67	5,36	17,69	3,69	11,33%	0,04	0,70	0,46
S'Algar	809,60	122,57	3,60%	6,14	61,50	11,12	17,82	4,03	41,48%	0,06	0,19	0,10
Sant Antoni	308,00	145,00	8,63%	14,30	65,40	8,85	30,10	5,39	8,04%	0,03	0,01	0,01
Santa Eulària	619,20	116,85	7,07%	15,33	86,17	3,48	10,71	2,23	11,83%	0,05	1,37	0,23
Santa María (Cabrera)	408,00	64,06	8,26%	26,91	84,33	1,01	18,01	2,86	25,57%	0,07	0,56	0,09
Santa Ponça	291,20	59,34	9,14%	11,01	79,17	1,48	18,58	3,86	25,17%	0,06	7,61	7,22
S'arenal de s'Olla	348,44	118,32	3,64%	11,93	64,33	11,19	10,42	2,50	10,00%	0,04	0,04	0,02
S'arenal de Son Saura	379,20	91,61	8,39%	15,88	77,00	6,33	10,58	1,76	15,95%	0,07	0,21	0,09
Ses Salines	324,80	78,75	8,61%	12,84	71,08	3,42	14,26	2,20	10,79%	0,03	0,55	0,16

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	---

S'Estanyol	389,33	85,04	14,68%	18,50	70,67	4,69	5,95	0,96	3,33%	0,03	1,04	0,31
S'olla (Cabrera)	400,00	72,34	4,87%	11,84	72,33	9,17	19,44	3,49	12,38%	0,05	0,93	0,57
Son Serra	246,40	79,14	8,04%	8,42	60,67	3,61	13,50	2,28	13,17%	0,03	0,18	0,02
Son Verí	408,00	128,58	8,49%	9,52	89,17	2,17	11,88	2,83	31,04%	0,05	1,74	0,28
Talamanca	651,20	69,14	8,90%	14,57	72,67	5,29	17,57	4,35	15,69%	0,03	0,21	0,03

**Anexo 3. Valores de la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo) en hojas y rizomas, concentración de nitrógeno en epífitos foliares,  $\delta^{15}\text{N}$  en Rizomas y hojas, concentración de Azufre en hojas y rizomas,  $\delta^{34}\text{S}$  en rizomas y concentración de azúcares no estructurales (Almidón y Sacarosa).**

Estación	%N(gDW) Rizomas	$\delta^{15}\text{N}$ en Rizomas	%N(gDW) Epífitos	$\delta^{15}\text{N}$ en Epífitos	%N(gDW) Hojas	$\delta^{15}\text{N}$ en Hojas	%S(gDW) en Rizomas	$\delta^{34}\text{S}$ en Rizomas	%S(gDW) en Hojas	$\delta^{34}\text{S}$ en Hojas	%P (gDW) en Hojas	%P (gDW) en Rizomas	% Sacarosa sobre masa seca	%Almidó sobre masa seca
Biniancolla	1,23	4,41	0,85	4,28	1,80	3,34	0,62	21,74	0,16	12,90	0,04	0,03	6,88	5,95
Cala Blanca	2,05	4,78	3,74	4,68	1,88	4,48	0,58	17,73	0,14	11,91	0,03	0,03	2,96	6,28
Cala Deià	2,38	4,10	3,01	2,27	2,17	1,71	0,65	22,00	0,16	13,66	0,04	0,04	1,55	2,62
Cala d'Or	3,06	7,07	1,11	7,57	1,93	6,06	0,72	18,88	0,24	13,26	0,06	0,04	2,45	4,03
Cala en Porter	2,44	4,83	1,17	5,98	1,91	4,51	0,79	20,24	0,18	12,97	0,03	0,03	4,83	7,28
Cala Es Grau	1,34	2,75	1,15	1,64	1,36	0,58	0,64	20,31	0,13	13,73	0,03	0,03	5,35	6,67
Cala Figuera (Portals Vells)	1,64	5,04	0,92	3,65	1,52	3,36	0,66	17,97	0,12	11,58	0,05	0,04	8,08	6,67
Cala Galdana	2,55	5,66	0,87	6,91	1,86	5,59	0,65	17,81	0,16	10,58	0,05	0,03	7,26	6,98
Cala Gamba	3,64	7,97	1,25	9,83	2,35	6,06	0,86	19,85	0,22	15,72	0,04	0,05	1,43	3,78
Cala Llenya	2,03	3,01	0,82	3,04	1,67	2,75	0,85	22,55	0,16	14,93	0,08	0,22	6,91	8,22
Cala Llonga	2,51	4,10	0,73	3,90	1,82	3,02	0,76	21,28	0,14	15,29	0,07	0,09	5,39	5,65
Cala Marmacen	1,79	3,86	1,59	4,34	2,15	3,75	0,65	21,13	0,14	14,71	0,05	0,04	2,85	4,40
Cala Metzoc	1,01	3,23	1,72	3,29	2,23	2,62	0,53	19,92	0,15	14,55	0,05	0,03	2,34	2,82
Cala Millor	1,72	6,17	1,69	6,10	1,92	4,84	0,56	16,94	0,16	16,94	0,05	0,02	1,15	2,16
Cala Morell	1,33	4,63	2,19	3,35	1,65	2,36	0,61	21,09	0,13	12,94	0,02	0,02	8,26	3,92
Cala Ratjada	1,67	4,83	2,17	3,95	1,91	3,50	0,47	12,18	0,15	15,54	0,07	0,05	3,32	4,65
Cala Tarida	1,09	3,66	0,93	4,40	1,62	3,21	0,62	14,29	0,13	11,82	0,04	0,04	8,46	7,48
Cala Torreta	1,72	2,79	0,67	3,57	1,92	2,41	0,65	14,76	0,18	13,94	0,06	0,08	7,79	4,23
Cala Tuent	1,05	2,73	2,19	2,72	1,73	2,06	0,49	19,39	0,16	16,03	0,03	0,04	6,45	5,67

Can Picafort	4,63	8,15	2,63	6,90	2,28	6,26	0,54	19,28	0,18	13,93	0,04	0,03	0,06	1,76
Cap Blanc	1,90	3,48	0,67	2,89	1,61	1,66	0,65	19,22	0,18	14,87	0,05	0,03	3,40	6,44
Cap de Formentor	2,22	4,39	1,40	3,62	1,88	3,52	0,82	21,08	0,15	11,46	0,05	0,04	8,32	4,42
Cap de Menorca	1,86	4,68	1,42	4,04	1,71	3,94	0,48	18,68	0,15	12,59	0,05	0,06	5,23	5,75
Cap de Ses Penyes	4,03	3,37	1,43	3,55	1,68	2,38	0,74	18,59	0,17	13,31	0,03	0,06	2,55	3,97
Cap Enderrocat	1,66	5,87	0,68	6,23	1,64	4,62	0,71	18,59	0,17	14,38	0,04	0,04	5,89	7,92
Cap Llentrisca	2,41	3,88	0,65	2,92	1,62	1,86	0,61	16,11	0,16	13,26	0,06	0,29	4,07	4,83
Cap Mussons	2,06	2,57	0,86	3,17	1,79	2,55	0,72	9,97	0,15	14,15	0,07	0,07	3,66	4,85
Cap Negret	1,80	2,43	0,77	3,07	2,10	2,61	0,50	12,00	0,16	11,67	0,10	0,18	6,10	6,23
Cap Pinar	1,84	3,06	1,69	3,24	1,73	2,89	0,48	18,72	0,14	13,45	0,05	0,04	10,51	6,13
Colonia de San Jordi	2,50	5,28	1,05	6,09	1,88	4,34	0,89	5,16	0,14	12,78	0,02	0,03	1,19	4,57
Dragonera	2,70	3,66	1,81	2,86	2,31	2,53	0,97	19,90	0,17	15,28	0,07	0,06	7,32	6,62
El Toro	1,72	3,32	1,21	2,70	1,61	2,58	0,56	23,84	0,14	12,67	0,06	0,08	7,68	7,75
Es Caló	2,53	5,71	4,29	4,68	2,02	5,09	0,83	23,40	0,17	14,93	0,06	0,08	4,04	7,28
Es Caragol	0,75	2,59	1,19	2,94	1,73	1,87	0,68	7,63	0,15	11,75	0,03	0,03	7,43	6,00
Es Castell (Cabrera)	1,54	3,22	1,80	3,19	2,01	2,41	0,49	20,98	0,16	13,73	0,03	0,04	4,83	4,04
Es Pujols	1,99	2,73	0,95	2,53	1,63	1,67	0,75	19,17	0,13	12,94	0,04	0,13	7,08	5,34
Fornells	2,55	2,78	1,94	3,35	1,97	1,44	0,63	16,25	0,16	13,67	0,04	0,05	8,41	6,14
Hotel Delta	2,72	5,72	1,04	6,01	1,74	4,57	0,70	17,66	0,16	12,55	0,03	0,03	8,81	8,24
Illa de Formentor	1,70	4,33	2,96	3,25	1,63	2,10	0,48	24,31	0,13	13,22	0,04	0,04	5,76	4,28
Illes Bledes	1,10	2,87	0,80	3,14	1,81	1,52	0,53	20,30	0,14	13,45	0,04	0,03	2,98	4,73
Illetes	1,04	5,01	1,80	6,07	2,04	4,23	0,57	7,74	0,16	12,10	0,05	0,05	8,93	9,44

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	---

Illetes (Formentera)	0,83	2,37	0,85	2,40	1,90	1,94	0,63	19,84	0,14	14,14	0,04	0,04	8,10	3,98
La Savina	0,98	2,15	1,49	3,39	2,21	2,09	0,65	7,52	0,15	9,68	0,04	0,03	6,53	6,70
Magaluf	2,10	5,43	1,10	4,68	1,51	3,68	0,56	19,74	0,19	13,57	0,03	0,13	9,14	8,36
Mondragó	1,68	3,09	1,20	3,83	1,87	2,32	0,62	19,76	0,12	13,36	0,06	0,04	9,17	7,68
Platja den Bossa	1,90	5,14	1,28	4,96	1,72	3,43	0,76	20,93	0,14	13,37	0,05	0,03	3,85	7,09
Platja d'es Mitjorn	0,78	2,63	0,89	2,07	1,68	2,95	0,45	16,46	0,15	12,18	0,06	0,04	1,92	5,38
Pollença	1,97	3,19	1,09	2,28	1,72	1,02	0,65	18,71	0,16	13,21	0,05	0,04	9,67	6,74
Port d'Alcúdia	3,41	8,21	5,37	6,77	2,19	5,42	0,85	5,39	0,17	13,51	0,04	0,01	0,65	3,06
Port d'Alcúdia Zona 2	3,57	6,11	6,07	6,81	2,02	6,00	0,75	8,45	0,20	12,64	0,04	0,03	0,25	2,90
Port de Soller	2,73	4,58	3,55	4,52	2,04	4,61	1,00	22,21	0,18	13,67	0,04	0,08	1,65	2,96
Port Eivissa	2,62	5,36	1,46	6,10	2,13	4,86	0,54	13,79	0,20	12,84	0,09	0,04	3,72	6,04
Port Maó	2,84	3,73	0,89	4,10	1,71	2,70	0,66	19,38	0,13	14,07	0,05	0,10	3,30	4,22
Porto Colom	1,96	5,73	1,29	6,24	1,80	4,16	0,61	20,35	0,14	12,93	0,04	0,04	1,87	4,18
Portocristo	2,90	5,63	1,79	4,99	2,23	5,15	0,73	20,88	0,16	16,38	0,05	0,05	2,14	4,65
Punta de Sa Creu (Formentera)	2,18	2,31	1,09	2,33	1,76	1,16	0,74	21,03	0,14	14,42	0,05	0,10	9,06	6,47
Punta den Valls	1,93	2,30	1,26	3,12	1,68	2,16	0,70	19,00	0,13	15,49	0,05	0,02	4,82	7,49
Punta d'es Gat	2,87	2,72	0,83	3,32	1,67	2,04	0,88	19,23	0,16	10,89	0,10	0,03	5,39	6,36
Punta dets Andreus	2,58	4,16	1,11	4,05	1,66	3,03	0,75	22,13	0,12	12,12	0,07	0,05	10,12	7,83
Punta Galinda	2,24	2,72	1,05	2,32	1,82	2,52	0,70	20,46	0,16	15,53	0,11	0,08	3,67	7,42
Punta Llobera	1,95	3,67	0,83	3,90	1,87	3,14	0,85	20,33	0,14	13,99	0,03	0,04	4,60	6,28
Punta Rasa	2,91	3,41	0,77	2,40	1,51	1,51	0,83	11,16	0,16	14,63	0,06	0,03	9,28	6,13
Punta Sa creu	3,46	3,85	1,17	4,34	1,87	3,10	0,84	18,51	0,15	15,12	0,06	0,05	5,00	5,91



G CONSELLERIA  
O MEDI AMBIENT,  
I AGRICULTURA  
B I PESCA  
/ DIRECCIÓ GENERAL  
RECURSOS HÍDRICS

**Evaluación del Estado Ecológico  
de las masas de aguas costeras de  
la Demarcación Hidrográfica Illes  
Balears utilizando el elemento  
biológico de calidad *Posidonia  
oceanica*. Año 2017.**

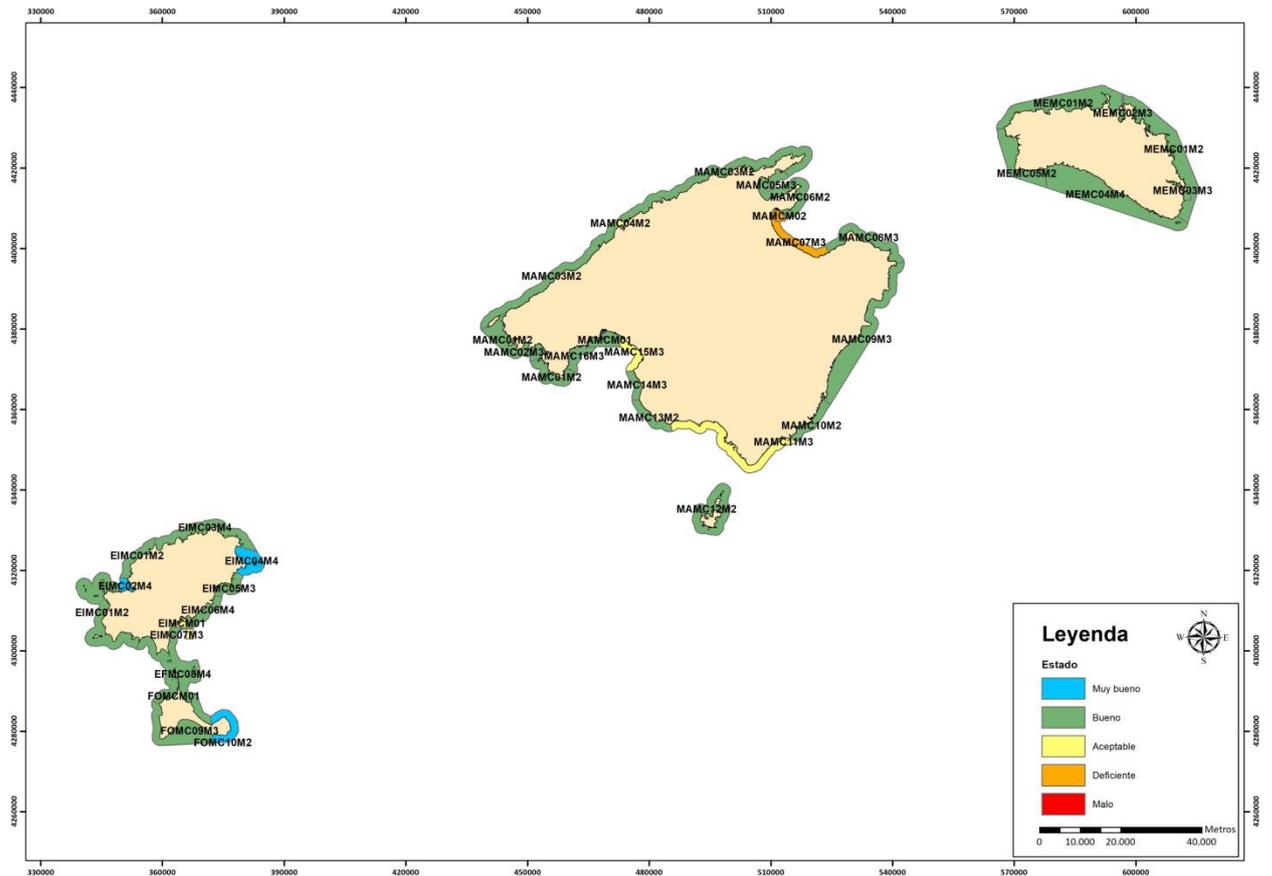
UTE CBBA - FOA



(Ibiza)														
S'Algar	2,10	4,35	0,91	4,46	1,72	2,74	0,82	19,85	0,13	11,97	0,03	0,05	7,26	6,52
Sant Antoni	2,06	3,08	0,96	3,57	1,75	1,81	0,91	21,26	0,14	6,56	0,05	0,01	7,72	5,87
Santa Eulària	1,80	6,04	1,21	6,14	2,03	4,80	0,80	21,63	0,20	15,76	0,04	0,04	1,14	3,53
Santa Maria (Cabrera)	1,20	2,25	1,09	3,33	1,78	2,73	0,50	17,40	0,16	16,66	0,03	0,02	3,36	4,13
Santa Ponça	1,47	6,65	1,56	6,63	2,12	6,07	0,51	18,50	0,18	14,77	0,05	0,04	6,80	6,80
S'arenal de s'Olla	1,90	2,79	2,10	3,08	1,93	2,05	0,84	21,32	0,14	12,89	0,03	0,04	7,55	5,75
S'arenal de Son Saura	2,00	4,66	0,99	4,57	1,77	2,98	0,61	16,65	0,15	11,27	0,04	0,02	4,13	7,62
Ses Salines	1,55	4,36	1,51	4,47	2,16	3,61	0,63	17,16	0,16	13,76	0,05	0,11	6,26	4,34
S'Estanyol	3,31	6,34	1,38	5,64	2,24	4,50	0,78	7,88	0,18	15,60	0,04	0,02	0,88	3,71
s'Olla (Cabrera)	1,18	3,58	1,03	2,85	1,95	2,32	0,48	19,23	0,17	13,85	0,04	0,04	3,72	2,85
Son Serra	5,24	7,26	4,91	6,39	2,33	5,32	0,46	15,47	0,19	15,53	0,04	0,02	0,19	1,62
Son Verí	3,05	8,51	0,96	8,58	2,28	7,37	0,61	18,04	0,21	14,52	0,04	0,03	2,66	5,37
Talamanca	3,25	4,78	1,10	4,76	1,64	1,63	0,77	22,38	0,16	13,88	0,05	0,04	4,88	6,41



## Anexo 4. Representación gráfica del estado ecológico de las masas de agua costeras aplicando el método POMI 11.





# Índice de tablas, figuras e imágenes

---

## Tablas.

Tabla 1. Clasificación el estado ecológico de las masas de agua costeras.

Tabla 2. Tipologías de masas de agua costeras.

Tabla 3. Clasificación de masas de agua en función de su tipología.

Tabla 4. Masas de agua costeras de las Illes Balears.

Tabla 5. Área de las masas de agua muy modificadas por la presencia de los puertos comerciales más importantes de las islas Baleares.

Tabla 6. Descriptores utilizados para cada alternativa del método POMI.

Tabla 7. Estaciones de muestreo definidas en las masas de agua para la campaña de 2017

Tabla 8. Listado de las 76 estaciones repartidas entre las 35 masas de agua. Se especifica código de la masa de agua, nombre de la localidad, profundidad, coordenadas geográficas y fecha de muestreo de las estaciones de *Posidonia oceanica* muestreadas.

Tabla 9. Estado ecológico según los valores EQR,

Tabla 10. Promedio de variables fenológicas estudiadas según el tipo de hoja.

Tabla 11. Correlación de cada variable respecto al eje 1 al realizar un PCA con las variables del POMI 11.

Tabla 12. Correspondencia de los números de la figura 30 con las estaciones muestreadas.

Tabla 13. Valor del EQR por estación. Estado ecológico según el color: Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente"

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

Tabla 14. Valor del EQR masa de agua. Estado ecológico según el color: Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente"

Tabla 15. EQR obtenido en cada periodo. Los colores corresponden al estado ecológico: Azul: "Muy bueno", Verde: "Bueno", Amarillo: "Aceptable", Naranja: "Deficiente"

Tabla 16. Variación del porcentaje de los estados ecológicos en a) estaciones y b) masas de agua.



## Figuras

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

Figura 2. Distribución de las masas de agua costeras de las Islas Baleares: Menorca

Figura 3. Distribución de las masas de agua costeras de las Islas Baleares: Ibiza y Formentera

Figura: 4. Distribución de las estaciones muestreadas para el periodo de estudio 2017/2018.

Figura 5. Histograma de profundidades a la que se encontraban las estaciones de muestreo de *P.oceanica*..

Figura 6. Histograma del porcentaje del fondo recubierto por *Posidonia oceanica*

Figura: 14. Cobertura de *P.oceanica* de las estaciones muestreadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura: 8. Histograma de Densidad Global de haces de *Posidonia oceanica* en las estaciones

Figura: 9. Densidad de haces de *P.oceanica* de las estaciones muestreadas. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura: 10 Histograma de densidad de rizomas plagiotropos de *Posidonia oceanica* en las estaciones estudiadas.

Figura 11. Histograma de la superficie foliar por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones estudiadas

Figura 12. Histograma de superficie necrosada por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones estudiadas

Figura 13. Histograma de superficie necrosada por haz de *Posidonia oceanica* en las estaciones estudiadas

Figura 14. Histograma de la concentración de nitrógeno en (porcentaje en peso de planta) en: a) Epífitos; b) Rizomas; c) Hojas de *Posidonia oceanica*.

Figura 15. Distribución de la concentración de nitrógeno (en porcentaje de peso seco de planta) en: a) Epífitos; b) Hojas; c) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 16. Histograma de  $\delta^{15}\text{N}$  en: a) Rizomas; b) Hojas de *Posidonia oceanica*

Figura 17. Distribución del  $\delta^{15}\text{N}$  en a) Hojas; b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 18. Contenido de P%(gDW) en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*.

Figura 19. Distribución de la concentración de P en %(gDW) en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 20. Histograma de la concentración de S en % (gDW) en: a) Rizomas; b) Hojas en *P. oceanica*.

Figura 21. Distribución de la concentración de S%(gDW) en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 22. Histograma de la abundancia de  $\delta^{34}\text{S}$  ‰ en: a) Rizomas y b) Hojas.

Figura 23. Distribución de  $\delta^{34}\text{S}$  ‰ en a) Hojas y b) Rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 24. Histograma de la concentración de Sacarosa en %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*.

Figura 25. Distribución de la concentración de Sacarosa en %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 26. Histograma de la concentración de Almidón %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*.

Figura 27. Distribución de la concentración de Almidón %(gDW) en rizomas de *Posidonia oceanica*. El tamaño de los círculos es proporcional a la magnitud de los valores.

Figura 28. Peso y dirección de los descriptores en el análisis PCA.

Figura 29. Dirección y fuerza de las variables realizando un análisis factorial.

Figura 30. Ordenación de las estaciones según los descriptores seleccionados. Los círculos indican el estado ecológico de las estaciones que engloban (Azul “Muy bueno”, Verde “Bueno”, Amarillo (Aceptable) y Naranja (Deficiente).

Figura 31. Porcentaje del número de masa de agua de cada estado ecológico

Figura 32. Porcentaje del número de estaciones de cada estado ecológico.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

## Imágenes

Imagen 1. Esquema de los transectos en una estación.

Imagen 2. Buzos recorriendo la cinta y anotando los cambios de sustrato para analizar la cobertura.

Imagen 3. Buzos realizado el recuento de haces verticales en un cuadro de 50x50cm

Imagen 4. Ejemplo de haces verticales a la izquierda y de rizoma horizontal a la derecha

Imagen 5. Ejemplo de pradera con haces verticales desenterrados.

Imagen 6. Buzos recogiendo muestras de rizoma horizontal y haces verticales.

Imagen 7. Procedimiento de escaneo de un haz de *P.oceanica*. Izquierda escáner con haz preparado; Centro imagen obtenida; derecha, zonas con necrosis marcadas.



## Bibliografía.

- Alcoverro, T, Duarte, CM and Romero, J, 1997. The influence of herbivores on *Posidonia oceanica* epiphytes. *Aquatic Botany*, 56: 93–104.
- Brun FG, Vergara JJ, Navarro G, Hernández, I and Perez-Llorens, JL, 2002. Effect of shading by ulva rigida canopies on growth and carbon balance of the seagrass *Zostera noltii*. *Mar. Ecol. Prog. Ser* 265,: 85–96.
- Brun, FG, I.Hernández, JJ, Vergara, JL and Pérez-Lloréns, L, 2003. Growth, carbon allocation and proteolytic activity in the seagrass *Zostera noltii* shaded by *Ulva* canopies. *Functional Plant Biology*, 30(5): 551-560
- Calleja, M, Marbà, N, Duarte, CM, 2007. The relationship between seagrass (*Posidonia oceanica*) decline and porewater sulfide pools in carbonate sediments. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 73: 583– 588.
- Delgado, O, Ruiz, J, Perez, M, Romero, R and Ballesteros, E, 1999. Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: Seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologica Acta*, 22: 109–117.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Hemminga, M and Duarte, CM, 2000. *Seagrass Ecology*. Cambridge (United Kingdom), Cambridge University Press.
- Romero, J, Martínez-Crego, B, Alcoverro, T and Pérez, M, 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
- Mediterranean Sea GIG: Coastal Waters – Seagrasses, 2013. Intercalibration of biological elements for transitional and coastal water bodies
- Marbà, N and Duarte, CM, 1998. Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 174: 269-280
- Orth, RJ, Carruthers, TJB, Dennison, WC, Duarte, CM, Fourqurean, JW, Heck, KL, Hughes, AR, Kendrick, GA, Kenworthy, WJ, Olyarnik, S, Short, FT, Waycott, M, Williams, SL, 2006. A Global Crisis for Seagrass Ecosystems, *BioScience*, 56 (12): 987–996.
- Short, FT and Wyllie-Echevarria, S, 1996. Nature of human-induced distributions of seagrass. *Environmental Conservation*, 23:17–27.
- Terrados J, Duarte, CM, Kamp-Nielsen, L, Agawin, NSR, Gacia, E, Lacap, D, Fortes, MD, Borum, J, Lubanski, M and Greve, T, 1999. Are seagrass growth and survival affected by reducing conditions in the sediment. *Aquatic Botany*. 65: 175–197.

 <p>G CONSELLERIA O MEDI AMBIENT, I AGRICULTURA B I PESCA / DIRECCIÓ GENERAL RECURSOS HÍDRICS</p>	<p><b>Evaluación del Estado Ecológico de las masas de aguas costeras de la Demarcación Hidrográfica Illes Balears utilizando el elemento biológico de calidad <i>Posidonia oceanica</i>. Año 2017.</b></p>	<p>UTE CBBA - FOA</p> 
--	--	--

-Van Katwijk, MM, Vergeer, LHT, Schmitz, GHW, Roelofs, JGM, 1997. Ammonium toxicity in eelgrass *Zostera marina*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 16: 159–173