



MINISTERIO  
DE CIENCIA E  
INNOVACIÓN



CENTRE OCEANOGRÀFIC DE BALEARS  
ESTACIÓ D'INVESTIGACIÓ JAUME FERRER

# INFORME ANUAL

## 2011

### ACTIVIDADES CIENTÍFICO-TÉCNICAS REALIZADAS EN LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN JAUME FERRER DE LA MOLA DE MAÓ (MENORCA)



La Mola  
Apt. Corr.: 502  
07701 Maó,  
Menorca  
Tlf.: 608902534

**Autores:**     **Joan Moranta**  
                  **Marta Sales**  
                  **Amalia Cuadros**  
                  **Eva M<sup>a</sup> Vidal**

**AGRADECIMIENTOS:** Los autores del informe agradecen las aportaciones realizadas por los Drs. Francisco Alemany y Patricia Reglero en el apartado de seguimiento de la producción secundaria; a Benjamín Casas en el de recogida de datos físico-químicos; a José Luis López-Jurado y Javier Jansá en el apartado de datos físico-químicos; al Dr. Antonio Garcia-Rubies, a Josep Coll y a Olga Reñones en el de seguimiento de las poblaciones de reclutas de *Diplodus sargus*; a Enric Massutí en el de transferencia de conocimiento; a Ana Morillas en el de mejoras en la página web; a la Dra. Montserrat Ramón, Neus Sagristà, Federico Fabbri y Raquel Lluch en el de formación de estudiantes; y a al Dr. Bernat Hereu y Alexandra Steckbauer en el de colaboraciones con otras actividades no incluidas en el Plan Estratégico.

## INDICE

1. RESUMEN EJECUTIVO .....	5
2. INTRODUCCIÓN.....	7
3. DESARROLLO Y ADAPTACIÓN DEL PROGRAMA CIENTÍFICO .....	8
3.1. DESARROLLO DEL PROGRAMA BÁSICO DE MONITOREO .....	8
3.1.1. RECOGIDA DE DATOS FÍSICO-QUÍMICOS .....	8
3.1.2. MONITOREO DE LAS PESQUERÍAS COMERCIALES DE MENORCA .....	12
3.1.3. SEGUIMIENTO TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN SECUNDARIA .....	12
3.1.4. MONITOREO DE LA POBLACIÓN DE <i>CYSTOSEIRA BARBATA</i> .....	13
3.1.5. SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE RECLUTAS DE <i>DIPLODUS SARGUS</i> .....	19
3.2. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL .....	26
3.2.1. RESTAURACIÓN DE LAS POBLACIONES DE <i>CYSTOSEIRA BARBATA</i> .....	26
3.2.2. EFECTO DE LA RESTAURACIÓN DE LAS POBLACIONES DE <i>CYSTOSEIRA BARBATA</i> SOBRE EL RECLUTAMIENTO DE <i>SYMPHODUS SPP.</i> .....	30
3.2.3. DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL .....	35
3.3. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO .....	38
3.3.1. REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE LA PESCA DE ARRASTRE .....	38
3.4. FORMACIÓN Y DIVULGACIÓN.....	41
3.4.1. MEJORAS REALIZADAS EN LA PÁGINA WEB DE LA ESTACIÓN .....	41
3.4.2. FORMACIÓN ESTUDIANTES .....	41
4. COLABORACIONES DEL PERSONAL DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE BALEARES .....	43
5. COLABORACIONES CON OTRAS ACTIVIDADES .....	44
5.1. PROSPECCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE ALGAS DE PROFUNDIDAD .....	44
5.2. MANTENIMIENTO DE SENSORES DE TEMPERATURA E IRRADIACIÓN .....	44
5.3. CARTOGRAFÍA DEL LITORAL DE MENORCA .....	44
5.4. PARTICIPACIÓN EN LA CAMPAÑA MEDITS0611 .....	46
5.5. PARTICIPACIÓN EN LA CAMPAÑA INDEMARES_CANAL0811 .....	46
5.6. VARIATION OF OXYGEN VALUES IN ENCLOSED MEDITERRANEAN BAYS .....	47
5.7. ORDENACIÓN DE LOS AMARRES DEL PUERTO DE SA NITJA .....	48
6. PROYECTOS SOLICITADOS .....	49
7. MANTENIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO.....	50
8. DISTRIBUCIÓN DEL PRESUPUESTO .....	52
9. PUBLICACIONES.....	53
10. BIBLIOGRAFÍA .....	54
ANEXO I. GRÁFICAS CON LOS RESULTADOS DE LOS DATOS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS CON EL CTD SEABIRD 19+ DE LA ESTACIÓN.....	59
ANEXO II. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN CONTINUO EN TIEMPO REAL EN LA BOCANA DEL PUERTO DE MAHÓN .....	65
ANEXO III. INFORME DE LA CAMPANYA “ESTUDI DE LA DISTRIBUCIÓ DE COMUNITATS ALGALS DE FONDÀRIA A L’ILLA DE MENORCA” REALITZADA A L’ESTACIÓ JAUME FERRER DE MAÓ DURANT ELS DIES 31 DE JULIOL A 7 D’AGOST DE 2011.....	75
ANEXO IV. INFORME SOBRE LA BIOTA SUMERGIDA DEL PORT DE SA NITJA: DESCRIPCIÓN, VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL, PROBABLES IMPACTOS DE PROCEDERSE A MEJORAR LOS PANTALANES ACTUALES, Y PROPUESTAS PARA PROTEGER SUS ECOSISTEMAS.....	81



## INFORME ANUAL DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN JAUME FERRER DURANTE EL AÑO 2010

### 1. RESUMEN EJECUTIVO

Durante el año 2011 se ha seguido con la implementación del Programa Científico. El Programa de Monitoreo, ha continuado con el muestreo de datos físico-químicos con CTD en la zona de Maó y el registro de datos de corrientes y temperatura en el fondeo de la bocana del puerto, realizado por el SOCIB. Se han mantenido reuniones con el *Consell Insular de Menorca* (CIME) y con las tres cofradías de Menorca para poner en marcha el monitoreo de las pesquerías comerciales. También se han realizado dos talleres para poner en marcha el seguimiento de la producción secundaria y del reclutamiento de peces. Se ha iniciado un monitoreo de las poblaciones de *Cystoseira barbata* de la Bahía de Fornells, única localidad en el estado español que cuenta con poblaciones de esta especie. Por último, se ha puesto en marcha un monitoreo del reclutamiento de *Diplodus sargus* en el que se han muestrearon 30 calas con hábitats potencialmente adecuados para su reclutamiento.

En la línea de Investigación Experimental, se ha puesto en marcha un proyecto de restauración de las poblaciones extinguidas de *C. barbata* en Cala Teulera (Maó). Se han probado diversas técnicas y se han obtenido resultados bastante positivos. También se ha empezado un monitoreo del reclutamiento de peces del género *Symphodus* en diversos hábitats de Cala Teulera y la Bahía de Fornells, con la finalidad de averiguar si la restauración de *C. barbata* favorece su reclutamiento. En el marco de la tesis doctoral se pretende conocer que especies ícticas reclutan en áreas ambiental y geológicamente similares, con la misma disponibilidad de hábitats, pendiente y exposición, pero con distinto estatus de conservación. El objetivo es determinar si el éxito de reclutamiento en determinadas especies puede servir de diagnóstico del estado de las poblaciones, del buen estado ambiental de los ecosistemas y establecer correctas medidas de gestión. Se ha realizado una estancia en el Departamento de Ecología Marina de la Universidad y otra en el laboratorio ECOMERS de la Universidad de Niza.

En colaboración con otros grupos de investigación se han llevado a cabo una serie de actividades no incluidas en el Programa Científico de la Estación. Se ha participado en una prospección de las comunidades de algas de profundidad dominadas por especies del género *Cystoseira* en colaboración con el Dr. B. Hereu de la UB. Se ha llevado a cabo el mantenimiento de sensores de irradiación y temperatura instalados para un experimento de tolerancia de la gorgonia blanca *Eunicella singularis* a las altas temperaturas coordinado por el Dr. R. Coma del CEAB. En colaboración con el CIME y con el *Institut Menorquí d'Estudis* se está reuniendo la información cartográfica que existe para el medio marino de Menorca. Se ha participado en las campañas oceanográficas MEDITS0511 y INDEMARES0811. También, se ha colaborado en la recogida de datos de temperatura, pH y oxígeno para la realización de un estudio de los fenómenos de anoxia en bahías a lo largo de todas las Islas Baleares. Este proyecto se enmarca en una tesis doctoral que lleva a cabo Alexandra Steckbauer bajo la dirección del Dr. C. Duarte del IMEDEA. La *Asociació d'Usuaris del Port de Sa Nitja* se ha puesto en contacto con el personal de la Estación para solicitar un informe sobre las particularidades de los hábitats sumergidos del *Port*, su estado de conservación y el impacto que tendría la ejecución del proyecto de mejora de los pantalanes.

En el apartado de Transferencia de Conocimiento, se ha realizado el proyecto “Propuesta de un nuevo sistema para la reducción del impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino mediante el uso de puertas pelágicas”, impulsado por la Cofradía de Pescadores de Maó. Se ha participado en la campaña para la recogida de datos para este proyecto, y en el análisis y redacción de los resultados. Respecto a la Formación y Divulgación, se han realizado mejoras en la página web, y dos estudiantes de máster y uno de grado han llevado a cabo sus prácticas en la Estación.

Se han realizado diversas tareas de montaje, puesta a punto y mantenimiento de los equipos científico-técnicos, se ha adquirido nuevo equipamiento y se han realizado mejoras en las instalaciones. Finalmente, en colaboración con otros investigadores del IEO y de otras instituciones, se ha solicitado financiación para 6 proyectos de investigación. Se han publicado 13 artículos en revistas SCI, y otros dos han sido enviados para que sean considerados para su publicación.



## INFORME ANUAL DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS EN LA ESTACIÓN DE INVESTIGACIÓN JAUME FERRER DURANTE EL AÑO 2010

### 2. INTRODUCCIÓN

A finales de 2009 se firmó un **convenio de colaboración** entre la *Conselleria d'Innovació, Interior i Justícia* del Govern de les Illes Balears y el Instituto Español de Oceanografía (IEO) para la puesta en marcha y el desarrollo científico de la Estación de investigación Jaume Ferrer. El convenio tiene una duración de cinco años, prorrogable automáticamente por períodos idénticos hasta quince. El **objetivo del convenio** es impulsar programas de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en el ámbito del mar y de los problemas derivados de su explotación, contaminación y el cambio climático, de una forma continuada y multidisciplinar en Menorca. También tendrá cabida en el Programa Científico las ciencias experimentales relacionadas con la investigación de ecosistemas insulares y litorales.

La **finalidad de la Estación** de investigación en Menorca es acoger actividades de investigación de calidad, así como aportar el conocimiento científico necesario para llevar a cabo una política de gestión, que permita mantener el equilibrio conseguido entre el desarrollo de las actividades económicas, la explotación de los recursos naturales y la conservación del patrimonio y del paisaje de Menorca, caracterizado por una calidad excepcional y que le ha valido para el reconocimiento como Reserva de la Biosfera desde 1993. Para ello es necesario que se den los requisitos siguientes: i) albergar investigación de carácter interdisciplinario, ii) garantizar una tarea de investigación sostenida en el tiempo, iii) establecer un entorno atractivo y cómodo para la ejecución de proyectos de investigación, iv) captar la participación de investigadores de probada reputación, y v) ofrecer un espacio para el desarrollo de formación especializada para post-graduados, incluyendo estudios pre-doctorales.

Según el convenio de colaboración **las obligaciones del IEO** son: i) asumir la dirección científica de la Estación, que comprenderá, entre otras actuaciones, la elaboración y el desarrollo del programa científico a llevar a cabo en la misma; ii) aportar el personal funcionario necesario para el desarrollo de las actividades propias de la Estación; iii) aplicar los fondos recibidos de la *Conselleria*, a la contratación del personal y a gastos de ejecución del proyecto, y realizar la justificación en los términos establecidos en el convenio; iv) realizar las tareas de montaje y puesta a punto de los equipos científico-técnicos, y encargarse de su mantenimiento y buen funcionamiento; v) aportar el equipamiento complementario al que aporta la *Conselleria* y que sea necesario para el desarrollo de las investigaciones propuestas en el programa científico; vi) gestionar el importe a pagar por grupos de investigación externos al Instituto Español de Oceanografía, en concepto de uso de la Estación; vii) realizar informes anuales sobre la actividad de la Estación de investigación.

**Las actividades desarrolladas durante el 2010**, primer año de funcionamiento, en la Estación se centraron en: i) contratación del personal técnico (1 técnico de grado medio nivel-2 y un ayudante de laboratorio nivel-3); ii) elaboración y desarrollo del programa científico; iii) puesta a punto del equipamiento científico-técnico; iv) diseño de la página WEB de la estación; y v) convocatoria de la beca de formación de personal investigador (FPI).

**Durante el 2011 las actividades se han centrado** en el desarrollo y adaptación del programa científico de la estación que han consistido básicamente en: i) programa de seguimiento; ii) investigación experimental; iii) formación y divulgación. Además, se ha colaborado en otras actividades de otras instituciones científicas no incluidas en el programa científico de la Estación.

### 3. DESARROLLO Y ADAPTACIÓN DEL PROGRAMA CIENTÍFICO

Según establece el Programa Científico de la Estación, elaborado a partir de la reunión de experto realizada en mayo del 2010 y las aportaciones de los investigadores del Centro Oceanográfico de Balears (COB), el **programa de actividades** de la Estación se fundamenta en cuatro líneas de actuación:

- a. Programa básico de monitoreo: se desarrollará con las infraestructuras de la Estación y el personal del IEO (en colaboración con otras instituciones como OBSAM, UIB, IMEDEA, SOCIB, CEAB-CSIC, etc<sup>1</sup>). El objetivo principal es establecer un seguimiento permanente y continuo de variables físico-químicas, biológicas y de explotación del medio marino de Menorca.
- b. Investigación experimental: se llevará a cabo por el personal del IEO y por los grupos de investigación que utilicen la Estación. El objetivo principal es entender los procesos naturales y los efectos del impacto humano sobre los ecosistemas de la isla.
- c. Formación y divulgación: se llevará a cabo por el personal del IEO y por los grupos de investigación que utilicen la Estación. El objetivo principal es formar investigadores y contribuir a potenciar la “visibilidad” de la Estación en Menorca.
- d. Desarrollo y transferencia de tecnología: se llevará a cabo por el personal del IEO y por los grupos de investigación que utilicen la Estación. El objetivo principal es impulsar el desarrollo y crecimiento sostenible de los diversos sectores productivos de la Isla mediante el acceso al conocimiento y experiencia de los grupos de investigación que utilicen la Estación.

Durante el 2011 se ha continuado con las actividades que se pusieron en marcha en el 2010 y se ha empezado a trabajar en otras.

#### 3.1. DESARROLLO DEL PROGRAMA BÁSICO DE MONITOREO

##### 3.1.1. RECOGIDA DE DATOS FÍSICO-QUÍMICOS MEDIANTE CTD Y PERFILADOR DE CORRIENTES

- **Realización de un transecto mensual en el puerto de Maó con un CTD seabird 19plus**

El puerto de Maó está situado en una bahía orientada de oeste a este de unos 5,5 km de largo y una anchura máxima de 1 km, que se encuentra en el extremo este de la isla de Menorca. En esta zona se concentra la mayor parte de la población de la isla, con los núcleos urbanos de Maó y Es Castell situados en la ribera sur del puerto, además de una serie de urbanizaciones situadas en la ribera norte. A parte del uso propio del puerto, se desarrollan diversas actividades en la zona, tales como producción de electricidad a partir de combustibles fósiles, descarga de la gasolina que es transportada a la isla y acuicultura. Por otro lado, la intensa actividad industrial desarrollada en Maó durante los siglos XIX y primera mitad del XX, cuando todavía no existía ningún tipo de canalización ni tratamiento de las aguas residuales, ha provocado una importante contaminación por metales pesados de los fangos del puerto. Debido a todas estas actividades, desarrolladas en el presente y en el pasado en el puerto de Maó, las aguas de esta zona son las más contaminadas de Menorca.

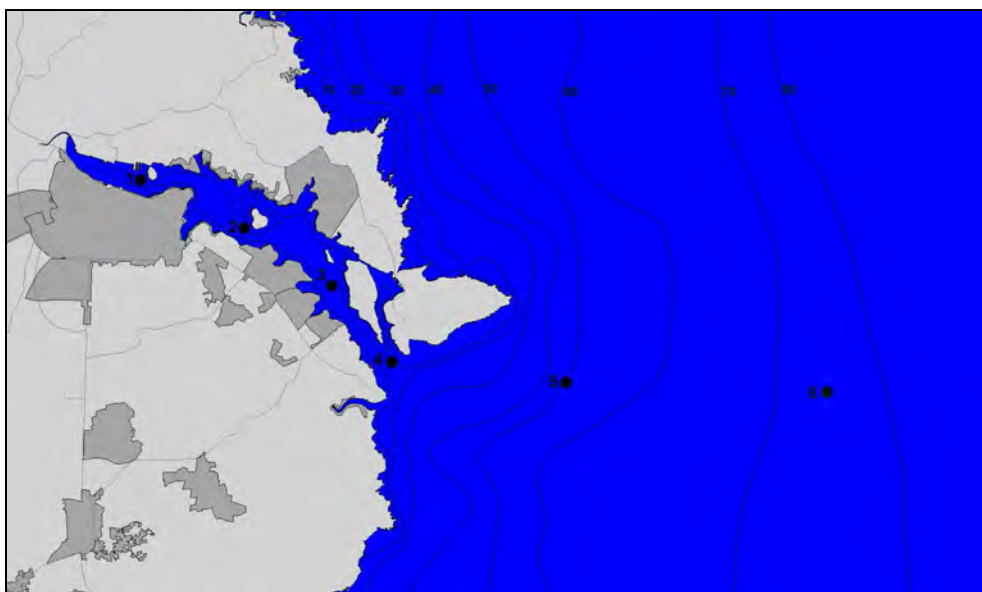
---

<sup>1</sup> Observatori Socioambiental de Menorca (OBSAM) del Institut Menorquí d'Estudis (IME), Universitat de les Illes Balears, Institut Mediterrani d'Estudis Avançats (CSIC-UIB IMEDEA), Sistema d'Observació Costanera de les Illes Balears (SOCIB), Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC-CEAB), Universitat de Girona (UG), Centre Mediterrani d'Investigacions Marines i Ambientals (CSIC-CMIMA), Universitat de Barcelona (UB), Universitat Autònoma de Barcelona (UAB).



## Metodología

Se ha establecido un muestreo mensual de 6 estaciones en el puerto de Maó. Las estaciones están situadas sobre un transecto que va desde el interior del puerto hasta mar abierto sobre una profundidad de 75 metros (Figura 1). Además, estas estaciones se localizan a lo largo de un gradiente de disminución de la contaminación. El monitoreo temporal a largo plazo de estas estaciones permitirá identificar posibles cambios o tendencias en una serie de parámetros oceanográficos medidos por el CTD Seabird 19+ de la Estación. Los parámetros medidos por el CTD son: temperatura, salinidad, pH, fluorimetría, oxígeno disuelto, turbidez y PAR (radiación disponible para la fotosíntesis).



**Figura 1.-** Localización de las estaciones muestreadas con el CTD en el puerto de Maó y su zona de influencia. 1) Illa de Pinto, 2) Illa del Rei, 3) Illa de Lazareto, 4) Bocana, 5) estación a 50 m de profundidad, 6) estación a 75 m de profundidad.

Se han realizado un total de nueve salidas de campo, una por mes, de enero a septiembre, con la finalidad de continuar el monitoreo oceanográfico comenzado el pasado año en ésta zona. Las fechas de las salidas realizadas a lo largo del año se detallan en la Tabla 1. En el mes de septiembre, el muestreo se realizó con el perfilador CastAway CTD (cedido por el SOCIB), que solo toma datos de  $T^a$ , Conductividad y Profundidad, ya que el CTD seabird 19+ se cedió para las actividades previstas en la campaña oceanográfica INMDEMARES\_CANAL0811 realizada por el Centro Oceanográfico de Baleares en el marco del proyecto LIFE+ INDEMARES “Inventario y designación de la Red Natura 2000 en áreas marinas del Estado español”.

## Resultados

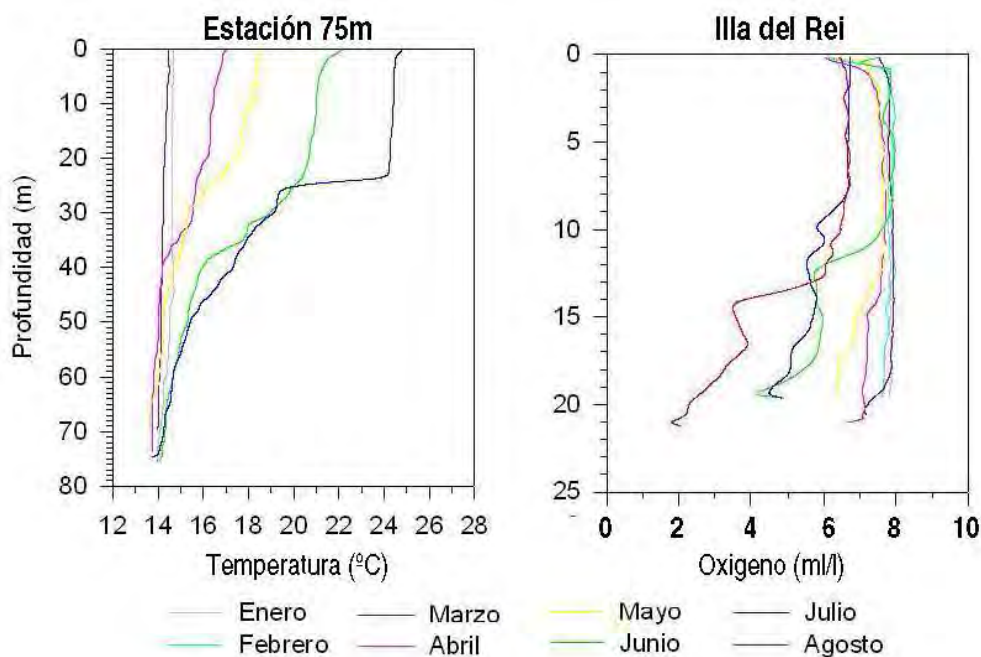
Las gráficas con los resultados de todos los muestreos y todos los sensores disponibles se pueden consultar en el anexo I del presente informe (Pág. 52). En general los valores observados se encuentran dentro de los valores normales esperables para una zona altamente impactada como es el puerto de Maó. Salvo la salinidad, en el resto de parámetros medidos, presentan una cierta variación estacional. El grado de la variación estacional depende de la estación de muestreo y del parámetro medido. En la Figura 2 se presentan algunos ejemplos significativos para la temperatura y el oxígeno. En esta gráfica se puede observar la aparición de un gradiente de temperatura con la profundidad en abril y la formación de una termoclina marcada en julio sobre los 25 m de profundidad. En cuanto al oxígeno en la estación Illa del Rei, se observa una disminución en profundidad durante los meses de verano, muy acentuada en el mes de agosto. La disminución del oxígeno en profundidad durante los meses cálidos (estratificación), es

normal en zonas más o menos eutróficas dado que el fitoplancton de las capas superficiales aporta materia orgánica al fondo que es oxidada por las bacterias. Este fenómeno se ve acrecentado por el clima estival, con la formación de la termoclina, lo cual disminuye el intercambio de agua tanto entre las capas superficiales y profundas como entre el interior y el exterior del puerto. Sin embargo, no se obtienen valores tan bajos en profundidad como los obtenidos en los meses de agosto, septiembre y octubre en un estudio realizado en los años 1980 y 1981 en la zona de Es Castell, donde la capa más profunda era prácticamente anóxica (J. Jansá, com. per.). Esto indicaría que el estado actual de las aguas de Maó es mejor que el estado detectado en 1980, por lo menos en lo que a eutrofización se refiere. Eso es lógico si se considera que el emisario que vierte las aguas residuales de Maó y Es Castell a mar abierto se construyó en 1980 (Hoyo, 1981). Antes de construir dicha infraestructura, las aguas residuales eran vertidas directamente al interior del puerto, lo que ocasionó un grado de eutrofización muy elevado sobre todo durante la década de los 70.

**Tabla 1.-** Muestras realizadas en el radial del puerto de Maó para la toma de datos físico-químicos con el CTD Seabird 19+ de la Estación.

Fecha	1.- Illa de Pinto	2.- Illa del Rei	3.- Illa de Lazareto	4.- Bocana	5.- 50 m	6.- 75 m
05-ene-11	X	X	X	X	X	X
21-feb-11	X	X	X	X	ND	ND
21-mar-11	X	X	X	X	X	X
29-abr-11	X	X	X	X	X	X
12-may-11	X	X	X	X	X	X
15-jun-11	X	X	X	X	X	X
21-jul-11	X	X	X	X	X	X
08-ago-11	X	X	X	X	ND	ND
23-sep-11	X	X	X	X	X	ND

ND: Sin datos



**Figura 2.-** Variación estacional y batimétrica de la temperatura en la estación de 75 m de profundidad y del oxígeno en la estación Illa del Rei. La escala de los ejes “y” que indica la profundidad es diferente en los dos gráficos.

## Actividades previstas

Para continuar con el muestreo de este radial sería necesaria la incorporación al grupo de trabajo de algún especialista en el análisis de datos físico-químicos marinos con experiencia en la zona costera. Principalmente, es importante incorporar al muestreo protocolos de calibración de los sensores y de calidad de los datos para obtener datos fiables que permitan hacer estudios concluyentes sobre la evolución de la calidad ambiental de puerto de Maó y de su área de influencia.

- **Instalación de un sistema de monitorización continuo en tiempo real en la bocana del puerto de Mahón**

Esta instalación se ha desarrollado en colaboración con el Sistema de Observación Costera de la Islas Baleares (ICTS SOCIB), que ha coordinado todas las actividades para llevarla a cabo. El objetivo principal es obtener datos continuos de referencia en un área de estado ecológico muy bueno. El sistema consta de un perfilador de corrientes, tipo Nortek modelo Aquadopp Profiler de 1 MHz que cuenta asimismo con sensor de temperatura, brújula, sensor de actitud de dos ejes, sensor de presión (0-20 m) y salida de datos RS42; y un CTD de la marca Seabird modelo SBE37-SMP. De esta manera, el sistema permite el monitoreo continuo de variables oceanográficas (temperatura, salinidad y corrientes a diferentes profundidades) que se transmite a través de un cable de una longitud aproximada de 400 m directamente a la Estación. El sistema consta de un control de calidad automático de manera que los datos están disponibles en tiempo casi real, a través de la web SOCIB y de la Estación, para los usuarios finales (investigadores, responsables políticos, sociedad, etc) para su visualización, descarga, análisis, etc.



Los trabajos de instalación se realizaron durante los días 26 y 27 de octubre del 2010 y el sistema estuvo completamente operativo en el mes de noviembre. La empresa de trabajos submarinos Menorca Sub realizó las operaciones en el mar que comprenden el tendido y fijación al fondo del cable submarino, así como la colocación en el fondo de los equipos de medida. Durante el 2011 se han realizado diferentes actuaciones para garantizar el buen funcionamiento de los equipos. Todos los trabajos de mejora y mantenimiento se han realizado entre el personal del SOCIB y de la Estación. El hecho de que la corriente eléctrica de la Estación dependa de un generador y que no esté operativo fuera del horario laboral del personal científico, ni durante los fines de semana, ha obligado a modificar algunos aspectos del diseño inicial de la instalación. Por una parte, se realizó una instalación de baterías para permitir el funcionamiento en continuo de todo el sistema durante las 24 horas, los siete días de la semana. Los datos recogidos por los sensores se registran en un ordenador de la Estación y se transmiten vía internet al centro de datos del SOCIB en Mallorca. Por este motivo, también fue necesario instalar un modem para la conexión de Internet, independiente al de la Estación, para garantizar la correcta transmisión de los datos en todo momento.

En el mes de septiembre se produjo una avería grave que provocó la interrupción del registro y transmisión de datos. Los técnicos del SOCIB se desplazaron a la Estación y durante dos días se realizó una inspección de todo el sistema, tanto de los equipos instalados en la Estación, como de los equipos sumergidos en el fondeo de la bocana del puerto. Según las observaciones realizadas in situ en el sistema, no se descarta que la causa del problema haya sido una subida de tensión a causa de un relámpago. Actualmente, el sistema no se encuentra operativo ya que es necesario reemplazar algunos de los aparatos eléctricos y reparar algunos de los sensores. Está previsto que antes del final de año el sistema está completamente operativo.

### 3.1.2. PROGRAMA BÁSICO DE MONITOREO DE LAS PESQUERÍAS COMERCIALES DE MENORCA

A finales del 2010 se elaboró, en colaboración con el *Observatori Socioambiental de Menorca* (OBSAM) del *Institut Menorquí d'Estudis* (IME) y el GOB-Menorca, una propuesta para realizar el monitoreo de las pesquerías comerciales de Menorca (ver anexo IV del informe anual del 2010). Esta propuesta se presentó a la *Conselleria d'Economia, Agricultura, Pesca i Medi Ambient* del Consell Insular de Menorca (CIME) en una reunión mantenida entre la Sra. Clara Fullana, directora insular de agricultura, ganadería y pesca, Rafel Quintana, técnico del OBSAM, y Joan Moranta, coordinador científico de la Estación Jaume Ferrer.

Durante el 2011, se han mantenido diferentes reuniones con la *Conselleria d'Economia, Agricultura, Pesca i Medi Ambient* (CIME) y el propio sector (cofradías de pescadores de Maó, Ciutadella y Fornells) y se han considerado diferentes fuentes de financiación (como la iniciativa europea Leader+ en la Isla de Menorca<sup>2</sup>). Hasta el momento no ha sido posible obtener financiación para realizar este proyecto, ya que en su planteamiento inicial contempla la contratación de una persona para realizar los embarques y los muestreos en puerto. En la actualidad se está haciendo un nuevo planteamiento del proyecto y valorando la posibilidad de que los muestreos los realice el personal de la Estación adaptándolo a sus posibilidades reales.

### 3.1.3. SEGUIMIENTO TEMPORAL DE LA PRODUCCIÓN SECUNDARIA

Una de las actividades incluidas en el programa básico de monitoreo de la estación hace referencia a la estimación de la producción secundaria en el puerto de Mahón en las mismas estaciones donde se toman muestras con el CTD Seabird 19+. Después de estudiar diferentes posibilidades para poner en marcha esta línea de actuación del programa de seguimiento, se decidió realizar una campaña experimental de prueba, de muestreo de ictiopláncton, relacionada con el desarrollo de la tesis doctoral incluida en el convenio de colaboración que se está desarrollando en la estación (ver apartado 3.2.3.).

Durante los días 5 y 6 de mayo los investigadores del Centro Oceanográfico de Baleares Dr. Francisco Alemany y Dra. Patricia Reglero, ambos expertos en temas de reclutamiento de especies ícticas, se desplazaron a Menorca para trabajar conjuntamente con el personal de la Estación y valorar las posibilidades de llevar a cabo este seguimiento con el equipamiento propio de la Estación. Durante estos días se mantuvieron diferentes reuniones en las que se planteó y discutió la metodología de trabajo y se realizaron varias salidas al mar para recoger muestras de ictiopláncton. Las salidas al mar se centraron sobre todo en poner a punto las maniobras y estrategias de muestreo para valorar la viabilidad de hacer el muestreo en condiciones adecuadas para que las muestras sean válidas para cumplir los objetivos del seguimiento y de la tesis doctoral.

Las pescas oblicuas son las más apropiadas para obtener muestras representativas de la riqueza específica de la zona. Los resultados de esta experiencia indican que las condiciones de muestreo en la neumática de la estación no son las más adecuadas para poder realizar pescas oblicuas con la red de zooplancton. En primer lugar, sería necesario diseñar algún sistema para poder arrastrar la red por la popa de la embarcación sin peligro de enganchar el cabo en la hélice del motor. En segundo lugar, sería necesario realizar algunas modificaciones en el winch manual de la Estación que se utiliza para la toma de datos con el CTD y adaptarlo para poder largar y virar la red de zooplancton. En este caso sería incluso recomendable mecanizar el winch para poder hacer las maniobra de forma automática y no manual. También, sería necesario poder controlar la velocidad mínima de la embarcación para poder hacer los arrastres a menos de 2 nudos. Por último, otro problema detectado es la gran cantidad de tiempo que se necesita, posterior al muestro, para separar e identificar todas las especies capturadas.

---

<sup>2</sup> La Iniciativa europea Leader+ a l'illa de Menorca 2000-2006. –Menorca: Associació Leader illa de Menorca, DL 2008. – 220 p.:il., col.; 24 cm

Debido a los problemas técnicos de la maniobra de muestreo y dado el volumen actual de trabajo del personal de la Estación, involucrado en otras actividades, no se cree adecuado poner en marcha esta línea de seguimiento hasta que no se den otras condiciones más favorables.

#### 3.1.4. MONITOREO DE LA POBLACIÓN DE *Cystoseira barbata* (FUCALES, OCHROPHYTA) DE LA BAHÍA DE FORNELLS

Las algas pardas de los órdenes Fucales y Laminariales son los principales organismos formadores de estructura en fondos infralitorales rocosos de los mares templados de todo el mundo (Ribera et al. 1992, Steneck et al. 2002). Las comunidades dominadas por estas macroalgas son muy productivas; además, debido a su elevado crecimiento vertical y su estructura tridimensional proporcionan hábitat a numerosas especies (Feldmann 1937, Giaccone 1973, Mann 1973, Dayton 1985, Graham 2004). En el Mar Mediterráneo, las algas del género *Cystoseira* son las representantes más importantes de este grupo de macroalgas; ocupan la mayor parte de los fondos rocosos infralitorales y del circalitoral superior bien conservados (Ballesteros 1992, Ballesteros et al. 2009, Sales & Ballesteros 2009). Estas algas son muy sensibles a la contaminación y a otros impactos antrópicos y, actualmente, se encuentran en regresión en numerosos lugares del Mediterráneo y de todo el mundo (Cormaci & Furnari 1999, Thibaut et al. 2005, Serio et al. 2006, Coleman et al. 2008). De hecho, todas las especies del género *Cystoseira*, excepto *C. compressa*, están incluidas en la lista de especies amenazadas del Convenio de Barcelona, y se utilizan como indicadores de buena calidad ecológica en la implementación tanto de la Directiva Marco del Agua (2000/60/EC), como en la Directiva marco sobre la Estrategia Marina (2008/56/EC).

La isla de Menorca destaca por el buen estado de conservación de las poblaciones de algas del género *Cystoseira*, en comparación con el resto del litoral del Mediterráneo noroccidental (Sales & Ballesteros 2009). Concretamente, la población de *Cystoseira barbata* que se encuentra en la Bahía de Fornells es única en España. En el pasado, habían existido otras poblaciones de esta especie en bahías muy cerradas, como por ejemplo Port Lligat (Girona), o el Mar Menor (Murcia), que se encuentran actualmente extinguidas debido al desarrollo urbanístico. Los estudios dedicados a la biología y a la dinámica poblacional de *C. barbata* son muy escasos. A parte de ciertos estudios realizados en el norte del Mar Adriático (Falace & Bressan 2006), se desconoce el ciclo anual de biomasa de esta especie, así como cuáles son las épocas más favorables para su reproducción y reclutamiento.

Por todo ello, resulta de gran interés llevar a cabo un monitoreo de la población de *C. barbata* de Bahía de Fornells. Este monitoreo constará de dos fases:

- 1ª) Evaluación del estado actual de la población de *Cystoseira barbata*
- 2ª) Monitoreo estacional de la población de *Cystoseira barbata*

Este monitoreo se ha realizado en colaboración con los Drs. Enric Ballesteros y Fiona Tomás del *Centre d'Estudis Avançats de Blanes* y la Dr. Emma Cebrián de la *Universitat de Girona*.

### **Metodología y plan de trabajo**

- Evaluación del estado actual de la población de *Cystoseira barbata* de Fornells

El pasado mes de Junio se llevó a cabo, durante una semana, una campaña para evaluar el estado actual de la población de *Cystoseira barbata* de Fornells. Se recorrió el litoral de la Bahía de Fornells en una embarcación neumática haciendo prospecciones a nado en todas las zonas que, morfológicamente, podían ser favorables a la presencia de *Cystoseira barbata*. En los tramos prospectados, se estimaron visualmente las abundancias de *C. barbata*, utilizando la escala semicuantitativa de Braun-Blanquet (1951). Todas las zonas donde se detectó una densidad considerable ( $\geq 2$  individuos\*m<sup>-2</sup>) fueron muestreadas. En total, las estaciones muestreadas fueron 9: Cabra Salada, Es Pi, En Rebassa, S'Era, Cala Rotja, S'Escorpetar, Bol des Seguer 1, Bol des Seguer 2 y Miami. Para el muestreo se utilizaron cuadrados (fabricados con tubería de PVC de 20 mm de diámetro) de 50 cm de lado. Cada buceador

disponía de un cuadrado que iba colocando al azar sobre la población de *C. barbata*. En cada cuadrado se tomaban las siguientes medidas: número de individuos adultos y de reclutas de *C. barbata*, número de individuos de otras especies de *Cystoseira* (en el caso de que las hubiera); y, para cada individuo de *C. barbata*, se medía la altura del eje principal o cauloide, la altura total (incluyendo ramos), y se anotaba el grado de fertilidad de la planta (no fértil, < 30% fértil, > 30% fértil). En cada estación se hicieron un mínimo de 25 cuadrados y se midieron un mínimo de 100 plantas. A partir de esta primera evaluación, y considerando que la dinámica de este tipo de poblaciones de algas es relativamente lenta, este muestreo se podría repetir cada 5 años.



**Fotografía 1.-** Muestreo de las poblaciones de *C. barbata* en la Bahía de Fornells.

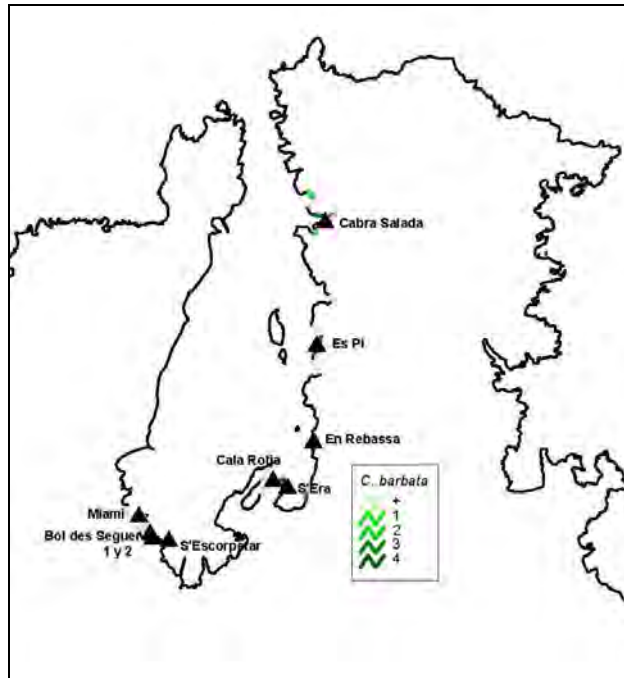
- Monitoreo estacional de la población de *Cystoseira barbata* de Fornells

De las 9 estaciones muestreadas para la evaluación del estado actual de la población de *C. barbata* de Fornells, se van a elegir 3 en las que se va a llevar a cabo un monitoreo estacional de la misma. Estas 3 estaciones van a ser visitadas cada 45 días a lo largo de al menos dos años. En ellas se va a repetir el muestreo mencionado en el apartado anterior. Este muestreo va a permitir conocer el ciclo anual de biomasa, de fertilidad y de reclutamiento de esta población de *C. barbata*. Estos parámetros son actualmente desconocidos o conocidos sólo de forma parcial.

## Resultados

- Distribución de *Cystoseira barbata*

*Cystoseira barbata* se encuentra en las zonas más resguardadas del interior de la Bahía de Fornells, siendo especialmente abundante en calas como Cabra Salada, En Rebassa, S'Era y Cala Rotja en la ribera este de la Bahía. En la ribera oeste es muy abundante en la zona de Miami (Figura 3).



**Figura 3.-** Distribución de *C. barbata* y localidades muestreadas para la evaluación del estado actual de las poblaciones en la Bahía de Fornells. Abundancias en escala de Braun-Blanquet (+: muy rara, 1: rara, 2: común, 3: abundante, 4: muy abundante)

- Descripción de las poblaciones estudiadas

La evaluación del estado actual de las poblaciones de *C. barbata* de la Bahía de Fornells se llevó a cabo a partir de un muestreo realizado en 9 localidades en el interior de dicha bahía. Los nombres y localización de las mismas se pueden apreciar en la Figura 3.

*Cystoseira barbata* se encuentra entre 0 y 1 metros de profundidad en zonas muy resguardadas de la Bahía de Fornells. Suele ser la especie dominante en todas las poblaciones estudiadas, aunque puede ir acompañada de otras especies de *Cystoseira*, como son *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa*, *C. compressa* v. *pustulata*, *C. compressa* v. *compressa* y *C. spinosa* v. *tenuior*. A modo de excepción, la población de la localidad S'Era puede considerarse una población mixta de *C. barbata* y *C. spinosa* v. *tenuior*, con una densidad de la segunda especie incluso mayor que la de la primera. Las poblaciones pueden encontrarse tanto sobre roca, como sobre pequeños guijarros y conchas de moluscos, como también sobre rizomas de la fanerógama *Cymodocea nodosa*. La densidad de *C. barbata* es muy variable, desde 0,5 ind\*0,25 m<sup>-2</sup> en localidades como S'Era y Es Pi, hasta 10,4 ind\*0,25 m<sup>-2</sup> en Cabra Salada (Tabla 2). Aunque no parece que haya una relación muy clara entre la densidad de *C. barbata* y el tipo de sustrato, sí que es verdad que las poblaciones más densas aparecen sobre sustrato rocoso (con Cabra Salada y Bol des Seguer 1 presentando las densidades más altas: 10,4 ± 5,8 y 7,2 ± 5,3 ind\*0,25 m<sup>-2</sup> respectivamente). En cambio las densidades de *C. barbata* sobre rizoma de *Cymodocea nodosa* no superan los 4,5 ind\*0,25 m<sup>2</sup> como media (en S'Escorpetar) (Tabla 2).



**Fotografía 2.-** Ejemplares de *Cystoseira barbata*

**Tabla 2.-** Distribución y abundancia de especies de *Cystoseira* en las 9 localidades muestreadas. R: rocas, B: bloques, G: guijarros, RC: rizomas de *Cymodocea nodosa*, Cb: *C. barbata*, Cf: *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa*, Cp: *C. compressa* v. *pustulata*, Cc: *C. compressa* v. *compressa*, Cs: *C. spinosa* v. *tenuior*. Entre paréntesis se indica la desviación estandar.

Localidad	Número de cuadrados	Tipo de sustrato	Densidad media (individuos 0,25 m <sup>2</sup> [SD])				
			Cb	Cf	Cp	Cc	Cs
1. Cabra Salada	25	R+B	10,4 (5,8)	0,4 (0,9)	0,1 (0,3)	0,32 (0,9)	0,1 (0,4)
2. Es Pi	138	R	0,5 (1,1)	0,1 (0,5)	0,1 (0,7)		0,1 (0,1)
3. En Rebassa	39	G	4,4 (4,3)	0,1 (0,6)			
4. S'Era	110	R+B	0,5 (1,1)				0,8 (1,3)
5. Cala Rotja	38	R+B	3,5 (5,8)	0,1 (0,2)			0,3 (0,7)
6. S'Escorpètar	59	RC	4,5 (3,8)	0,4 (0,7)			
7. Bol Seguer 1	25	R	7,2 (5,3)				
8. Bol Seguer 2	54	RC	1,9 (1,8)	0,3 (0,5)			
9. Miami	40	RC	4,1 (3,4)	0,9 (1,2)			

Del resto de especies de *Cystoseira* que se encuentran acompañando a *C. barbata*, la más frecuente es *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa*, que aparece en 7 de las 9 localidades muestreadas. Destaca su abundancia en las localidades de Cabra Salada (0,4 ind\*0,25 m<sup>2</sup>), S'Escorpètar (0,4 ind\*0,25 m<sup>2</sup>) y Miami (0,9 ind\*0,25 m<sup>2</sup>). La siguiente especie más frecuente es *C. spinosa* v. *tenuior*, que aparece en 4 de las 9 localidades de estudio, destacando por su elevada abundancia en S'Era (0,8 ind\*0,25 m<sup>2</sup>) y en Cala Rotja (0,3 ind\*0,25 m<sup>2</sup>). Finalmente, *C. compressa* v. *pustulata* aparece solamente en las dos localidades más cercanas a la salida de la bahía y con una densidad muy baja. Así mismo, *C. compressa* v. *compressa* aparece sólo en Cabra Salada.

Las distribuciones de tallas de las poblaciones de *C. barbata* estudiadas en cada una de las localidades se presentan en la Figura 4. Se observan, como patrón general, muchos individuos de tamaño pequeño, mientras que los individuos de gran tamaño son escasos. Este patrón, que se observa visualmente en la Figura 4, queda corroborado por el sesgo positivo detectado en todas las poblaciones estudiadas (Tabla 3). La talla media más elevada se observa en la población de S'Era (12,33 ± 7,54 cm), seguida por las tallas medias de las poblaciones de Bol des Seguer 1 (8,69 ± 5,65 cm) y Cabra Salada (8,12 ± 4,72 cm). Al contrario, las estaciones en las que se detectan las tallas medias más bajas son Es Pi (4,26 ± 3,3 cm) y S'Escorpètar (4,94 ± 3,59 cm). La única población con una distribución de tallas que se ajusta a una curva normal es la de S'Era ( $plog = 0,1$ ; Tabla 3).



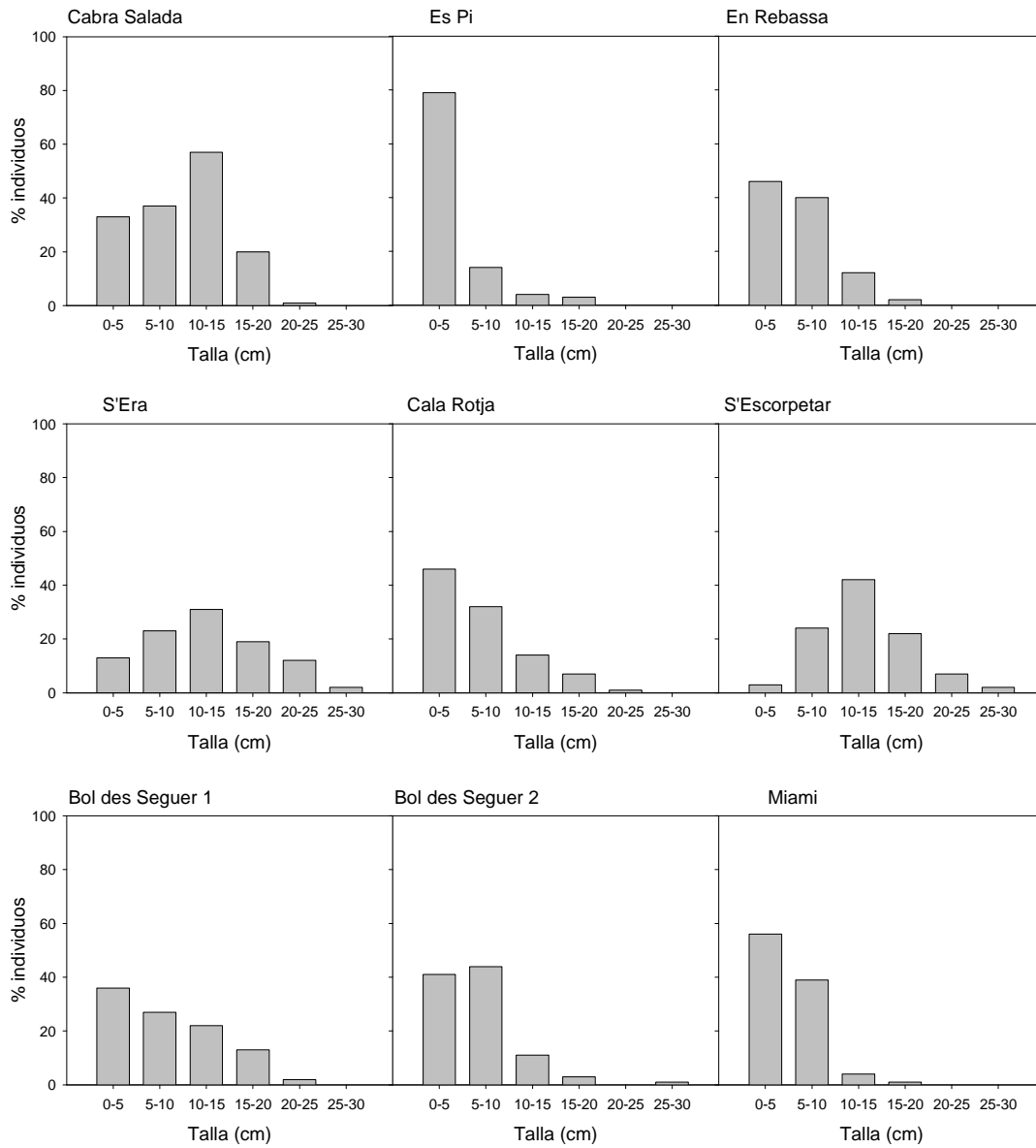


Figura 4.- Estructura de tallas (cauloide principal) en las 9 poblaciones de *C. barbata* muestreadas.

**Tabla 3.-** Datos sobre los parámetros relativos a la distribución de tallas de *C. barbata*. n: número total de plantas medidas,  $\mu$ : talla media del eje principal, SD: desviación estándar de la talla media, min: talla mínima, máx: talla máxima, g1: sesgo, g2: curtosis, *d*: estadístico de Kolmogorov-Smirnov,  $p_{log}$ : valores de probabilidad ajustados de Lillefors para *d*.

Localidad	N	$\mu$ (cm)	SD (cm)	Min (cm)	Máx (cm)	g1	g2	D	$p_{log}$
1. Cabra Salada	259	8,12	4,72	0,5	21	0,52	-0,43	0,106	0,01
2. Es Pi	70	4,26	3,3	0,5	17	1,97	4,25	0,217	0,01
3. En Rebassa	171	6,26	3,63	0,5	20	0,89	1,11	0,115	0,01
4. S'Era	48	12,33	7,54	1	35	0,9	0,64	0,122	0,1
5. Cala Rotja	134	6,97	5,07	1	21	0,93	0,03	0,127	0,01
6. S'Escorpitar	265	4,94	3,59	0,5	21	1,44	2,51	0,158	0,01
7. Bol Seguer 1	179	8,69	5,65	0,5	23	0,25	-0,88	0,101	0,01
8. Bol Seguer 2	103	6,37	4,2	0,5	28,5	1,94	7,18	0,159	0,01
9. Miami	162	5,27	3,19	0,5	19	0,98	1,87	0,106	0,01

- Fertilidad y reclutamiento

En el momento en que se realizó la campaña (finales de Junio) los individuos de *C. barbata* no estaban fértiles, con la excepción de unos pocos individuos en la localidad Bol des Seguer 2. Entre los meses de Enero y Mayo de 2011 se realizaron visitas periódicas a algunas de las estaciones de muestreo y se observó que la mayor parte de las plantas se encontraban fértiles durante ese período.

En cuanto al reclutamiento (se consideran reclutas aquellos individuos en los que todavía no se puede identificar el caulóide), debido a las características del fondo de la Bahía de Fornells, no fue fácilmente observable en todas las estaciones muestreadas. Aún así, se presentan como aproximación los porcentajes de cuadrados en los que se detectaron reclutas para cada localidad de muestreo (Tabla 4). La localidad en la que se detectó un porcentaje de cuadrados con reclutas más elevado fue Bol des Seguer 1, con un 80%. A esta localidad le sigue Cabra Salada, con un 36% de los cuadrados con reclutas, y Miami con un 10%. En S'Era y Cala Rotja no se detectó ningún recluta.

**Tabla 4.-** Porcentaje de cuadrados de 0,25 m<sup>2</sup> en que se encontraron reclutas.

Localidad	% cuadrados con reclutas
1. Cabra Salada	36
2. Es Pi	0,7
3. En Rebassa	7,7
4. S'Era	0
5. Cala Rotja	0
6. S'Escorpitar	1,7
7. Bol Seguer 1	80
8. Bol Seguer 2	5,6
9. Miami	10

## Discusión y conclusiones

*Cystoseira barbata* es una especie relativamente abundante en la Bahía de Fornells. Se encuentra en el primer metro de profundidad de las zonas más resguardadas de dicha bahía. En general no llega a formar comunidades tan densas como otras especies de *Cystoseira* litorales, como pueden ser *C. stricta*, *C. balearica* o *C. crinita* (Verlaque 1987, Ballesteros 1988, 1992). Esto es principalmente debido al tipo de fondo predominante en la Bahía de Fornells, tratándose de fondos fangosos recubiertos de praderas de *Cymodocea nodosa*. *C. barbata* crece en pequeñas rocas, guijarros e incluso conchas de moluscos que se encuentran entre los haces de *Cymodocea* o incluso sobre los rizomas de *Cymodocea*. Así pues, el sustrato disponible para que las algas se asienten no es continuo, lo que no permite encontrar densidades elevadas de *C. barbata*. En algunas zonas, donde *C. barbata* crece sobre roca, como Cabra Salada o Bol des Seguer 1, esta especie llega a presentar densidades bastante más elevadas en comparación con el resto de localidades muestreadas.

La distribución de tallas que se ha observado en la mayor parte de las localidades muestreadas, con un elevado número de individuos de pequeño tamaño, indica un elevado ritmo de reclutamiento. Esto sugiere, a su vez, que estas son unas poblaciones relativamente dinámicas en relación con las poblaciones de *Cystoseira* que viven a mayor profundidad (Hereu et al. 2008, Ballesteros et al. 2009). En el litoral las algas están sometidas, por un lado, a ciertos factores de estrés que se reducen con la profundidad como son la desecación o la contaminación. Por otro lado, la variabilidad ambiental en los ecosistemas litorales someros es mucho mayor que en los más profundos, en lo que se refiere por ejemplo a cantidad de luz e hidrodinamismo (Garrabou et al. 2002). La población de *C. barbata* de la localidad de S'Era, con las tallas más elevadas y una distribución de tallas que se ajusta a una curva normal, es la más estable de las estudiadas.

En cuanto a la fertilidad, parece que *C. barbata* no es fértil en verano en la Bahía de Fornells, mientras que durante los meses de invierno y primavera sí lo es. Este patrón puede ser debido a las elevadas temperaturas que alcanza el agua del interior de la bahía en verano y también a la baja disponibilidad de nutrientes como factores de estrés. De todos modos, para poder describir cual es el patrón estacional de fertilidad de *C. barbata* en Fornells es necesario al menos terminar un año de muestreo. El reclutamiento es más elevado en localidades con fondo rocoso, como Bol des Seguer 1 y Cabra Salada. Esas localidades son, además, las que presentan una densidad de adultos más elevada. Tal vez el reclutamiento sea denso-dependiente (cuantos más adultos hay en una determinada zona, más probabilidad de reclutamiento), tal como se ha descrito para otras especies. De todos modos, el hecho de que los reclutas sean más fácilmente observables sobre fondo rocoso que sobre pradera de *Cymodocea* podría haber influido en los resultados obtenidos.

### 3.1.5. SEGUIMIENTO DE LAS POBLACIONES DE RECLUTAS DE *Diplodus sargus*

El reclutamiento consiste en la incorporación de los peces juveniles a las poblaciones adultas, después de su asentamiento y supervivencia en las primeras fases de desarrollo (Levin 1994, Macpherson 1998). El conocimiento de los mecanismos de reclutamiento es muy importante para la comprensión de diferentes procesos ecológicos como la dispersión, distribución, conectividad, etc. (ver Caley et al. 1996 para una revisión general) y determina la abundancia, composición, estructura y distribución de las poblaciones de adultos (Levin 1991, Doherty y Fowler 1994, Forrester et al 2002, Carr y Syms, 2006, Fontes et al. 2009).

El ciclo vital de las especies ícticas litorales, se compone de una fase plantónica errante, que corresponde a las fases de huevos y larvas, y otra más sedentaria que abarca desde el post asentamiento (juveniles) a los adultos. La supervivencia de las primeras fases del ciclo vital de las especies (huevos, larvas, juveniles) es crucial para el mantenimiento y conservación de las poblaciones adultas y está muy ligada a diferentes factores ambientales (Beck et al. 2001, Shanks y Eckert 2005, Raventos y Macpherson 2006, Di Franco y Guidetti 2011).

La incorporación de nuevos individuos a la población adulta está determinada por diferentes pulsos de liberación y circulación larvaria, ya que huevos y larvas se encuentran expuestos a corrientes y pueden ser dispersados a distancias considerables (Bell et al. 1988, Jenkins et al 1997, Hannan y Williams 1998). La capacidad de dispersión está determinada, en parte, por la duración de la fase pelágica de la larva (*pelagic larval duration*, PLD). Otro factor a tener en cuenta es la selección específica del hábitat por la propia larva que también puede limitar su distribución (Leis y Carson-Ewart 1997, Stobutzi y Bellwood 1997, Bell y Westoby 1986, Edgan y Robertson 1992).

La selección del hábitat para el asentamiento puede estar relacionada con las características intrínsecas del hábitat (Bell y Westoby 1986; Edgar y Robertson 1992; Paddock y Sponaugle 2008) y, especialmente, por la calidad o cantidad de refugios que varían con la estructura del mismo (Dahlgren y Eggleston 2000; Johnson 2007). Los individuos sufren menos mortalidad en los hábitats con mayor número de refugios (Sogard y Olla 1993). Este hecho resulta muy importante, ya que los peces sufren las mayores tasas de mortalidad durante las primeras fases de desarrollo, en gran parte debido a la depredación (Sogard y Olla 1993). Por ello las larvas deben encontrar hábitats con suficiente refugio, pero que al mismo tiempo permitan un forrajeo eficiente para proporcionar un crecimiento rápido que les hará menos vulnerables a la depredación (Connolly 1994; Tupper y Boutilier 1997). Por otra parte, la disponibilidad de presas también varía según el tipo de hábitat (Werner et al 1983, Holbrook y Schmitt 1988).

La especie seleccionada para empezar con el seguimiento del reclutamiento de especies ícticas litorales ha sido el sargo (*Diplodus sargus*) ya que es una especie ecológica y económicamente relevante en el Mediterráneo (Wangüemert 2005). El ciclo vital de esta especie se conoce bastante bien. Los adultos son relativamente sedentarios y demersales, y producen huevos pelágicos que eclosionan y liberan las larvas después de 3 días (Di Franco y Guidetti 2011). Después de la metamorfosis, las post-larvas se asientan en hábitats costeros muy superficiales (0,5-1m de profundidad), en áreas de baja pendiente, provistas de arena gruesa, grava, piedras o rocas pequeñas (García-Rubies y Macpherson 1995; Harmelin-Vivien et al 1995). Además, *D. sargus* es una especie clave en las zonas litorales de la Reserva Marina del Norte de Menorca ya que representa alrededor del 20% de la biomasa total y es una especie importante en los procesos ecológicos litorales (e.g. mantenimiento de los equilibrios entre herbivorismo y comunidades algales) y en las pesquerías de artes menores y recreativas de la isla (J. Coll, com. pers.).

Las actividades realizadas se han centrado en: i) realización de un seminario metodológico sobre el estudio del reclutamiento de peces; ii) llevar a cabo la primera campaña para la estimación de la abundancia de reclutas en las calas de la isla de Menorca.

### **Realización de un seminario metodológico sobre el estudio del reclutamiento de peces (30/05/2011 – 04/06/2011)**

**Objetivos:** i) Revisión de los conocimientos actuales sobre el reclutamiento de especies ícticas litorales; ii) Revisión y valoración de los parámetros ambientales que pueden afectar al reclutamiento; iii) Análisis del efecto reserva sobre el reclutamiento y las poblaciones de *D. sargus*; iv) puesta a punto de la metodología de campo y entrenamiento del personal de la estación.

**Participantes:** Antoni Garcia-Rubies (*Centre d'Estudis Avançats de Blanes*), Josep Coll (Direcció General de Pesca del *Govern de les Illes Balears*), Olga Reñones (*Centre Oceanogràfic de Balears*), personal de la Estación de Investigación Jaume Ferrer (Marta Sales, Amalia Cuadros, Eva Vidal y Joan Moranta).

**Metodología de trabajo:** se fundamentó en la realización de ponencias para la discusión de la metodología y salidas al mar para el entrenamiento del personal de la estación.

Las ponencias realizadas fueron:

**A. Garcia-Rubies.** El ictioplancton costero: i) variaciones anuales y estacionalidad, ii) efecto del microhábitat sobre el asentamiento y el reclutamiento; ii) efectos limitantes (hábitat y mortalidad).

*Resumen:* Se presenta una revisión de la bibliografía más relevante del Mediterráneo relacionada con los procesos de asentamiento y reclutamiento así como sus principales causas de variación. Los reclutas más abundantes y frecuentes que se encuentran en la zona litoral pertenecen a las familias Sparidae, Labridae, Serranidae, Gobidae y Blenidae. Se destaca para cada una de ellas las épocas más favorables de asentamiento, señalando, además, las posibles diferencias geográficas según las publicaciones existentes. El tipo de hábitat, a nivel de microescala, puede condicionar el asentamiento en determinadas zonas. Las diferentes especies presentan distintos requerimientos de hábitat y profundidad, pudiendo variar entre las especies de una misma familia. Los principales factores que pueden limitar el asentamiento son la disponibilidad de un hábitat adecuado y la afluencia de post-larvas, mientras que la depredación y otros procesos denso dependientes condicionan enormemente el reclutamiento efectivo a las poblaciones adultas.

**J. Coll.** Los sargos (*Diplodus sargus* Linnaeus, 1758) de la Reserva Marina del Norte de Menorca.

*Resumen:* La Reserva Marina del Norte de Menorca (RMNM) forma parte de la red de reservas marinas pesqueras que gestiona el Govern de les Illes Balears. Esta reserva se creó en 1999 y ocupa un área marina de 5.119 Ha. La gestión de la reserva se centra en una zonificación con distintos grados de protección. Las zonas A y B, que funcionan como reservas integrales y donde está prohibida cualquier extracción de recursos marinos; y la zona C, que ocupa el resto de la reserva y donde se permite la pesca de artes menores con aparejos tradicionales y la pesca de recreo a excepción de la pesca submarina. Desde el año 2000 se vino realizando un monitoreo de las comunidades de peces litorales que se centró posteriormente en las especies de peces demersales de substrato rocoso con interés pesquero. El principal indicador utilizado en el seguimiento ha sido la biomasa total de especies vulnerables, expresada en gramos de peso húmedo (g/250 m<sup>2</sup>). Este indicador ha aumentado notablemente en la reserva integral, cuadruplicándose su valor entre el año 2000 y el 2007 en los dos sitios estudiados (916,6 vs 4.220,2 g/250 m<sup>2</sup> en R1) y (705,1 g vs 2.754,4 g/250 m<sup>2</sup> en R<sup>2</sup>). En la reserva parcial o zona C se obtuvieron respuestas más variables, con un incremento y posterior descenso en el sitio 1 y con un incremento sostenido en el sitio 2. En conjunto, el incremento de la biomasa media en la zona C ha sido de un factor de x2 (1314,9 g vs 2923,1 g/250 m<sup>2</sup>) en el período de 7 años. Centrándonos en la zona de máxima protección, la biomasa total al cabo de 7 años está formada por un 56,1% de espáridos, un 36,3% de serránidos, un 3,9% de lábridos, un 3,6% de esciénidos y un 0,1% de escorpénidos. Dentro de los espáridos, las especies dominantes son *Diplodus vulgaris* y *D. sargus*. *D. sargus* representa siempre alrededor del 20% de la biomasa total y es una especie importante en los procesos ecológicos litorales (mantenimiento de los equilibrios entre herbivorismo y comunidades algales) y en las pesquerías de artes menores y recreativas. Las curvas de evolución de la biomasa media total dentro de la reserva integral parecen presentar algún tipo de factor limitante, pues presentan una saturación en valores bajos en el sitio 2 y un ajuste lineal en el sitio 1, donde se ha observado que queda todavía mucho hábitat por utilizar. El estudio de los patrones de reclutamiento de las especies principales y la mayor o menor distancia de los sitios estudiados a las áreas de nursery pueden ser una de las claves que ayuden a interpretar la evolución de esta reserva marina.

**O. Reñones.** Estudio del patrón de movimientos e identificación de hábitats esenciales del mero *Epinephelus marginatus* como criterios para la conservación y gestión de la especie: Caso de estudio, el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera.

*Resumen:* El proyecto EPIMHAR tiene como objetivos identificar y caracterizar los hábitats esenciales de la población de *Epinephelus marginatus* para la fase juvenil y adulta, identificar la estabilidad estacional de la distribución espacial de la población, caracterizar los movimientos ontogénicos y/o estacionales de la especie y diseñar un plan de gestión para el Parque Nacional Marítimo Terrestre del Archipiélago de Cabrera compatible con la conservación de la especie y la explotación pesquera artesanal. Se presenta el diseño de muestreo planteado en este proyecto. En el diseño experimental se han considerado parámetros ambientales (exposición, corriente, temperatura y profundidad de termoclina), variables de hábitat a distintas escalas espaciales e impacto humano (esfuerzo de pesca). Uno de los aspectos innovadores del proyecto es la identificación de la escala espacial a la cual las distintas variables de hábitat determinan la distribución de la especie. Para ello se han estimado variables a nivel creciente de escala espacial desde microescala (150 m<sup>2</sup>) y escala intermedia (5.000 m<sup>2</sup>) hasta mesoescala (160.000 m<sup>2</sup>). Los índices utilizados a nivel de microescala son: profundidad, pendiente, rugosidad, heterogeneidad y diversidad (% tipo de hábitat), altura del hábitat rocoso. A nivel de mesoescala se ha estimado rugosidad, pendiente e índices de paisaje a nivel de clase tales como: área total de substrato rocoso, tamaño medio y número de fragmentos, y grado de conectividad/aislamiento entre los mismos. Finalmente, se presentan algunos de los resultados obtenidos hasta el momento en el proyecto y se discute la posibilidad de abordar este tipo de estudios desde la Estación.

**A. Cuadros.** Influencia del tipo de hábitat en el ciclo vital de las especies ícticas litorales

*Resumen:* Se presenta un planteamiento de acción para abordar el estudio del ciclo vital de las especies litorales en su forma más eficiente y focalizar los esfuerzos investigadores en la identificación de aquellos hábitats más relevantes para el desarrollo de cardúmenes dentro de la isla de Menorca. Dentro de las distintas fases de desarrollo inicial en peces, especialmente vulnerables a factores ambientales, nuestro interés se centra en el seguimiento de reclutas, que permiten una evaluación relativamente sencilla de las poblaciones ícticas ya que en este periodo los juveniles son fácilmente identificables. Dentro del ecosistema, centramos nuestro interés en las “nurseries”, entendidas aquí según Beck et al, 2001, como aquellos hábitats donde hay una mayor abundancia de larvas y juveniles, ya que estos hábitats son de alta importancia, al proporcionar los efectivos poblacionales de la población adulta. Nuestro último fin es obtener mapas de distribución espaciales y temporales de las especies litorales en fase de reclutamiento, que reflejen los lugares de mayor preferencia y/o supervivencia a lo largo del tiempo para estas especies (en términos de hábitat y de su condición), para facilitar así la gestión de fauna íctica en vistas a un interés pesquero y de conservación. Para abordar este objetivo, se plantea recurrir a una metodología que nos permita una aproximación a la densidad poblacional de reclutas en distintas áreas y a lo largo del tiempo, combinando posibles metodologías complementarias como transectos, bongos, trampas de luz y cámaras acuáticas para censos visuales.

## Primera campaña para la estimación de la abundancia de reclutas de *Diplodus sargus* en la calas de la isla de Menorca

El objetivo de esta campaña es conocer los patrones de distribución y abundancia de los reclutas de sargo *Diplodus sargus* a lo largo de las costas de Menorca, en sus hábitats potenciales. La primera parte de la campaña se realizó durante los mismos días del seminario metodológico de manera que se contó con la guía e instrucción de los científicos expertos en seguimiento de poblaciones de reclutas (A. García-Rubies), y en metodología de censos visuales de peces (O. Reñones y J. Coll) durante los días del 1/06/2011 al 04/06/2011.

### Metodología y plan de trabajo

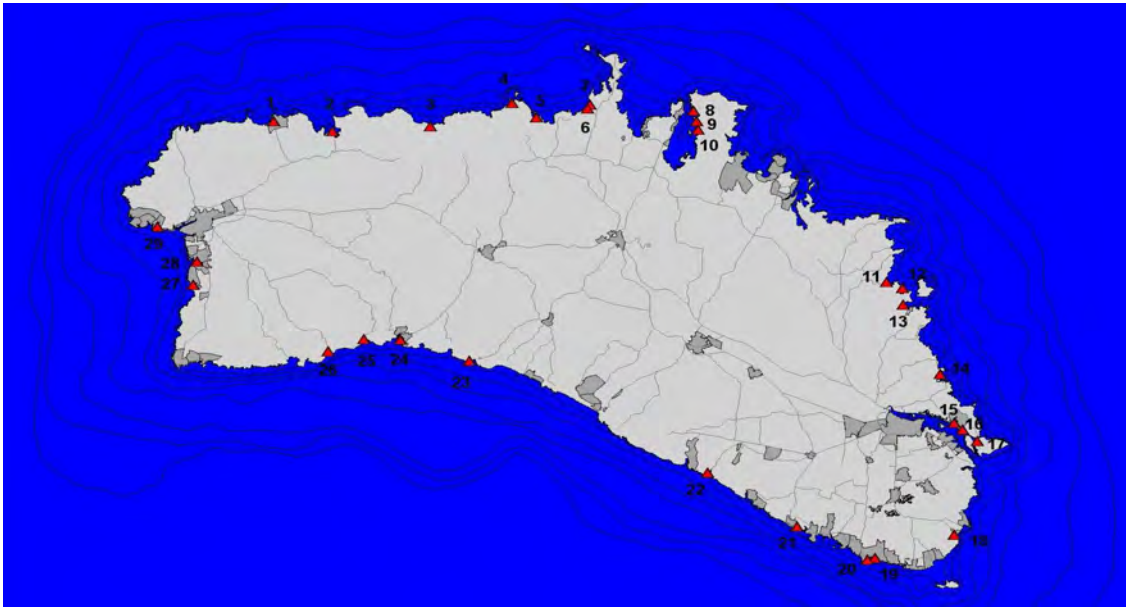
Como resultado del seminario y el entrenamiento de campo, se diseñó un protocolo de muestreo para el censo de reclutas por transectos (CRT) adaptado a las características y complejidad de los hábitats observados en las calas menorquinas, que presentan una elevada heterogeneidad de hábitat. El CRT adaptado consiste en transectos de 10 m de longitud divididos en segmentos de 2 m, de tal forma que con el fin de obtener una caracterización detallada del hábitat, cada transecto (unidad de muestreo) está dividido en 5 subunidades de muestreo (5 segmentos/transecto). El buceador abarca un área de observación de 4 m<sup>2</sup> por segmento. Ya que sólo se toman datos de las especies y características del hábitat incluidas a 2 metros de distancia, uno a cada lado del buceador.

Los CRT son recorridos a nado a menos de 1 metro de profundidad por un solo buceador, y de forma paralela a la costa. Cada buceador dispone de una cinta métrica, marcada cada dos metros, que va dejando depositada en el fondo mientras se realiza el recuento de reclutas. Cada dos metros nadados, se anotan las especies de reclutas observados y las especies acompañantes, estimando su talla. Una vez terminado el recuento se anotan las características ambientales en cada uno de los segmentos de 4 m<sup>2</sup>. Se anota el porcentaje de tipos de sustrato observado: arena, roca continua, bloques métricos (más de 1 metro), decimétricos (hasta 1 metro), bloques centimétricos (hasta 10 centímetros) y cobertura de alga (anotando que porcentaje supone cada tipo de alga hallada). También se anotan la pendiente, y la rugosidad del fondo, así como las condiciones meteorológicas y marinas halladas en cada día de muestreo y la hora del día en la que se realizan los transectos.



**Fotografía 3.-** Buceador realizando un censo de reclutas de *Diplodus sargus* por transecto (CRT).

Se ha realizado un muestreo estratificado, escogiendo al azar 30 calas, que suponen aproximadamente el 30 % de las calas existentes en Menorca, distribuidas en el norte, sur y oeste (Figura 5). Las calas se han clasificado según el grado de presión antrópica: 1) playas en núcleo turístico o urbano; 2) playas no urbanas de acceso rodado (el aparcamiento puede encontrarse a cierta distancia del mar) ; y 3) playas no urbanas con acceso exclusivamente peatonal o marítimo. En cada cala se realizaban un total de 6 CRT por cala.



**Figura 5.-** Localización de las calas de la isla de Menorca seleccionadas para la primera campaña de seguimiento de reclutas de Sargo *Diplodus sargus*.

## Resultados preliminares

Fueron necesarios 14 días de muestreo para completar las 30 calas seleccionadas, en un periodo comprendido de entre el día 10/06/2011 al 29/06/2011. Finalmente, los censos realizados durante los días de entrenamiento del seminario no se consideraron como válidos para la evaluación de la abundancia de los reclutas.

Los resultados obtenidos para la abundancia de los reclutas de sargo en cada una de las 30 calas muestreadas se presentan en la Tabla 5. El número máximo de reclutas se obtuvo en Cala En Blanes con 378 individuos, seguida de Sa Mesquida (302 ind.), Cala Pilar (236 ind.) y Cala Rotja (229 ind.). Cala Llonga, Cala Fustam y Cala Macarella fueron las calas con menor número de reclutas con 12, 6 y 3 respectivamente.

Se ha realizado un primer análisis exploratorio mediante análisis de la varianza (ANOVA) para explicar la variación de la abundancia de reclutas de sargo dependiendo de la orientación o la tipología de la cala. La tipología de la cala se ha usado como aproximación de la facilidad de acceso a las calas, presuponiendo que a mayor facilidad de acceso, mayor afluencia turística tendrán estas calas, y por tanto, mayor número de bañistas y mayor impacto sobre el reclutamiento. Según los resultados del ANOVA, se observa que los reclutas de sargo se distribuyen en sus hábitats naturales de nursery sin verse influenciados por el factor orientación o tipología de cala. El test ANOVA de la abundancia de reclutas (logaritmo del índice de reclutas), como variables respuesta, frente a la orientación de la cala y tipología como factores fijos, no ha detectado diferencias estadísticas significativas (log ind:  $F_{2, 26} = 1,17$ ;  $p = 0,1$ ).

## Actividades previstas

Esta campaña de seguimiento se ha incluido dentro de las actividades de la tesis doctoral que se está desarrollando en la Estación dentro del convenio de colaboración (ver apartado 3.2.3.). Los objetivos de la tesis relacionados con este seguimiento son: i) analizar la variación espacial y temporal en la



abundancia de reclutas de *Diplodus sargus*, ii) investigar la relación existente entre las primeras fases del ciclo vital de las especies, el asentamiento y el reclutamiento y la disponibilidad de hábitat.

Actualmente, se está profundizando en el análisis de los datos en relación a los parámetros descriptivos del hábitat. Este análisis se realizará durante la estancia que está desarrollando Amalia Cuadros (estudiante de tesis de la Estación) en el laboratorio ECOMERS de la Université de Nice-Sophia Antipolis y el Observatoire Océanologique de la Station Zoologique de Marsella. Esta estancia empezó el día 08 de octubre y finaliza a finales de noviembre.

**Tabla 5.-** Número total de reclutas de sargo *Diplodus sargus* (R) e índice de reclutamiento ( $R/m^2$ ), expresado en número de reclutas por  $m^2$ , para cada una de las 30 calas de la isla de Menorca muestreadas. Se indica la orientación (N: norte, S: sur, O: oeste) y tipología (1: playas en núcleo turístico o urbano, 2: playas no urbanas de acceso rodado, 3: playas no urbanas con acceso exclusivamente peatonal o marítimo). Las calas se han ordenado por el número descendente de reclutas. Los números de las localidades coinciden con los de la Figura 5.

Localización	Orientación	R	$R/m^2$	Tipología Cala
18. Cala Alcaufar	S	378	18,9	3
14. Sa Mesquida	E	302	15,1	2
3. Cala Pilar	N	236	11,8	1
7. Cala Rotja	N	229	11,45	1
19. Cala Torret	S	156	7,8	3
13. Es Grau	N	152	7,6	3
5. Cala Pregonda	N	143	7,15	1
4. Barril	N	125	6,25	1
26. Cala Turqueta	S	102	5,1	2
2. Algaiarens	S	90	4,5	2
12. Cala Tamarells	N	78	3,9	1
8. S´Arenalet I	N	71	3,55	1
28. Cala Santandria	O	71	3,55	3
29. Cala En Blanes	O	70	3,5	3
24. Cala Galdana	S	70	3,5	3
20. Binibequer	S	64	3,2	3
21. Binidali	S	58	2,9	3
17. Cala Taulera	E	54	2,7	2
1. Cala Morell	N	52	2,6	3
22. Calascoves	S	50	2,5	2
16. Cala Lladó	E	37	1,85	2
10. Cabra Salada	N	34	1,7	1
11. Sa Torreta	N	34	1,7	1
9. S´Arenalet II	N	32	1,6	1
6. Cavalleria	N	23	1,15	1
27. Cala Blanca	O	16	0,8	3
15. Cala Llonga	E	12	0,6	3
23. Cala Fustam	S	6	0,3	1
25. Cala Macarella	S	3	0,15	2

### 3.2. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

#### 3.2.1. RESTAURACIÓN DE LAS POBLACIONES DE *Cystoseira barbata* ACTUALMENTE EXTINGUIDAS EN EL PUERTO DE MAÓ

Como ya se ha comentado en el apartado 3.1.3., las algas pardas del género *Cystoseira* son importantes formadoras de estructura en los fondos rocosos infra y circalitorales del Mar Mediterráneo y se encuentran actualmente en regresión en numerosas zonas del Mediterráneo (Cormaci & Furnari 1999, Thibaut et al. 2005, Serio et al. 2006). La eutrofización se considera la principal causa de la desaparición de las poblaciones de *Cystoseira* (Munda 1974, Hoffmann et al. 1988), aunque también se han sugerido otras posibles causas, como la contaminación química, el aumento de la turbidez, el sobrepastoreo y el cambio climático (Thibaut et al. 2005, Serio et al. 2006). Como consecuencia, estas especies requieren planes específicos para su conservación y protección a nivel Mediterráneo.

La isla de Menorca (Reserva de la Biosfera desde 1993) alberga en la Bahía de Fornells la única población de *Cystoseira barbata* del litoral mediterráneo español (Sales & Ballesteros 2009). Hace 100 años *C. barbata* también se encontraba en Cala Teulera (Puerto de Maó) (Rodríguez-Femenías 1889), pero actualmente se ha extinguido en esta zona. Resultados previos obtenidos en un experimento para evaluar el efecto de la contaminación sobre diferentes especies de *Cystoseira* sugieren que *C. barbata* puede sobrevivir, e incluso reproducirse, bajo las condiciones actuales en Cala Teulera, probablemente gracias a la mejor gestión de las aguas residuales del Puerto de Maó a partir de los años 80 (Sales et al. 2011). Aún así, la recuperación natural de las poblaciones desaparecidas es prácticamente imposible debido a la baja capacidad de dispersión de las algas del género *Cystoseira* (Clayton 1992).

Se pretende, desde la Estación Jaume Ferrer, poner a punto técnicas de replantación con la finalidad de restaurar las poblaciones de *Cystoseira barbata* extinguidas en Cala Teulera. La recuperación de las poblaciones de *C. barbata* contribuirá a mejorar el estado ambiental del Puerto de Maó de acuerdo con la Directiva Marco del Agua (WFD 2000/60/EC) y la Directiva marco sobre la estrategia marina (2008/56/CE). La conservación y recuperación de los bosques de *C. barbata* también será importante para poblaciones ícticas litorales, ya que los bosques maduros favorecen el reclutamiento, refugio y alimentación de algunas especies ícticas, especialmente del género *Symphodus* (Cheminee et al. 2010).

En la convocatoria de concesión de ayudas del 2011 de la Fundación Biodiversidad, para la realización de actividades en el ámbito de la Biodiversidad, el Cambio Climático y el Desarrollo Sostenible, se presentó el proyecto “Conservación del patrimonio natural de la isla de Menorca: restauración de los bosques de *Cystoseira barbata*” (ver apartado 6 del presente informe). En la primera resolución parcial del 17 de mayo de 2011 el proyecto no fue considerado para su financiación. En la actualidad se está a la espera de la segunda resolución que se hará en diciembre del 2011 para saber si el proyecto será financiado.

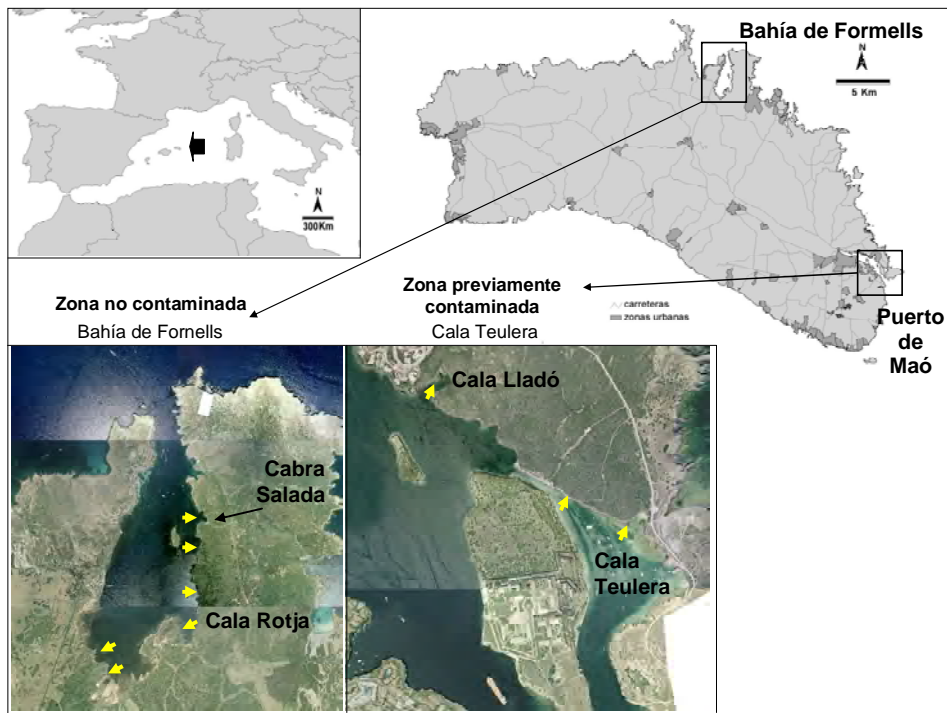
#### **Metodología**

- Zona de estudio

Las acciones relacionadas con este estudio se han llevado a cabo, por un lado, en una zona bien conservada, donde se encuentra la única población de *C. barbata* de España, concretamente en la Bahía de Fornells; y, por otro lado, en Cala Teulera (Puerto de Maó), zona degradada que actualmente ha recuperado cierto grado de calidad del agua (Figura 6).

La zona degradada (Cala Teulera) se sitúa en el interior del puerto de Maó, una bahía orientada al este, de unos 5 km de largo y una anchura máxima de 1 km, que se encuentra en el extremo oriental de Menorca. En esta zona se concentra la mayor parte de la población de la isla, con los núcleos urbanos de Maó y Es Castell situados en la ribera sur del puerto, además de una serie de urbanizaciones situadas en la ribera norte. Aparte de los usos propios comerciales y recreativos del puerto, se desarrollan diversas

actividades en la zona, tales como producción de electricidad a partir de combustibles fósiles y acuicultura. En los años 70 hubo grandes problemas de eutrofización en esta zona debido a un aumento de la población cuando todavía no existía ningún tipo de canalización ni tratamiento de las aguas residuales, y éstas eran directamente vertidas al interior del puerto. Esta situación mejoró a partir del año 1980, cuando se construyó un emisario para conducir las aguas residuales de Maó y Es Castell para ser vertidas al exterior del puerto (Hoyo 1981). Por otro lado, la intensa actividad industrial desarrollada en Maó durante los siglos XIX y primera mitad del XX, provocó una importante contaminación por metales pesados que a día de hoy se encuentran acumulados en los fangos del puerto. Debido a todas estas actividades, desarrolladas en el presente y en el pasado en el puerto de Maó, las aguas de esta zona son las más contaminadas de Menorca (actualmente no cumplen los requisitos de calidad ecológica según la Directiva Marco del Agua 2000/60/EC). A pesar del avanzado estado de degradación de la parte más interior del Puerto de Maó, algunas zonas situadas en la parte más exterior gozan todavía de una calidad ambiental relativamente buena. Este es el caso de Cala Teulera, donde existen praderas de fanerógamas (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa* y *Zostera noltii*) y se encuentran dos especies de *Cystoseira* (*C. compressa* v. *pustulata* y *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa*).



**Figura 6.-** Localización de las zonas de actuación. Las flechas amarillas indican las localidades de estudio

La zona bien conservada es la Bahía de Fornells, bahía natural situada en la costa norte de Menorca y que tiene unas características morfológicas similares al Puerto de Maó. Está orientada al norte y tiene unos 4 km de largo por 2 de ancho. Sólo hay un pequeño núcleo de población cerca de la entrada de la bahía en la que no hay ningún tipo de actividad industrial. Los usos que se llevan a cabo en la zona (pequeño puerto de pesca, y diversos usos turísticos) son compatibles con la conservación de los hábitats y especies que se encuentran en la bahía. Sus fondos están mayoritariamente cubiertos por praderas de fanerógamas (*P. oceánica*, *C. nodosa* y *Z. noltii*), y existen 8 especies de *Cystoseira*, entre ellas *C. barbata*.

- Prueba de diferentes métodos de restauración

Hasta el momento se han probado dos métodos diferentes para favorecer la restauración de la población de *C. barbata* en Cala Teulera. El primer método (método “in situ”) consiste en la traslación de ramos fértiles de *C. barbata* de Fornells a Cala Teulera. Para ello se recogieron una serie de ramos fértiles en diferentes zonas de la población de origen, y se transportaron en tanques llenos de agua aireada hasta la zona a restaurar. Los ramos fértiles se colocaron en pequeñas bolsas de malla fina atadas a piquetas (Contenedor-Dispensor de Propágalos de Algas, CDPA) que se fijaron en el sustrato de Cala Teulera. Con el fin de asegurar un mayor éxito, la traslación de ramos fértiles se realizó en tres zonas diferentes de Cala Teulera que distan como mínimo 150 m una de la otra, y en cada zona se colocaron grupos de 10 CDPAs. Esta operación se repitió dos veces (una a principios de marzo y otra a principios de abril de 2011) con la finalidad de aumentar la probabilidad de que se produjera reclutamiento de nuevos individuos. La falta de espacio libre podría ser un factor limitante para el reclutamiento de *C. barbata* en Cala Teulera. La presencia de otras algas (filamentosas y turf) ocupando la práctica totalidad del sustrato rocoso en la zona de restauración podrían impedir su reclutamiento. Por ello, se colocaron piedras de 0,2m<sup>2</sup> sin ningún tipo de recubrimiento biótico a distancias crecientes de cada grupo de CDPAs (0, 2 y 4 metros de distancia).

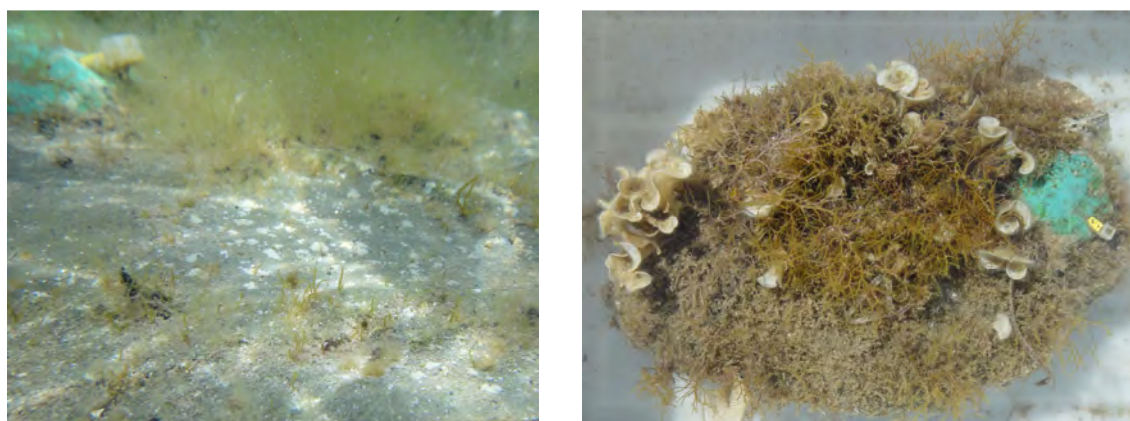
El segundo método (método “ex situ”) consistió en cultivar *C. barbata* en un tanque en la Estación Jaume Ferrer. Para ello se recogieron una serie de ramos fértiles de *C. barbata* en la población de la Bahía de Fornells, que se transportaron hasta la Estación en un tanque con agua de mar aireada. En la Estación se habilitó un tanque de 250 l. de capacidad que se llenó de agua de mar. En el fondo del tanque se colocaron piedras sin ningún recubrimiento biótico que fueron recogidas cerca de la zona de restauración. Con tela de malla fina se fabricaron bolsas de modo que cubrieran la superficie del tanque. Las bolsas se llenaron con los ramos fértiles recogidos en Fornells y, con la ayuda de cordel fino y ganchos, se colocaron en la superficie del agua del tanque. El agua del tanque se renovó semanalmente durante dos meses, al final de los cuales se habían obtenido numerosas plántulas de 5 mm. En ese momento, las piedras fueron depositadas cerca de las tres zonas donde se habían llevado a cabo las acciones descritas para el primer método.



**Fotografía 4.-** Método “in situ”. Se observan CDPAs junto a una piedra sin recubrimiento biótico.

- Monitoreo del crecimiento y la dinámica de la población

Con una periodicidad de 2-3 meses se ha ido realizando un monitoreo del reclutamiento de individuos de *C. barbata*. Para ello se cuenta el número de reclutas en cada una de las piedras experimentales, se miden la altura máxima, media y mínima de los reclutas también para cada piedra, y se estima la cobertura de las diferentes especies que han crecido sobre las piedras. Este monitoreo se seguirá realizando indefinidamente hasta que la población de *C. barbata* se estabilice en Cala Teulera, siempre que eso sea posible. A medida que la población sea más madura se podrá espaciar la periodicidad de este muestreo.



**Fotografía 5.-** Reclutas de *C. barbata* 2 y 5 meses después de la instalación de las CDPAs (mayo y agosto). En mayo (izq.) los reclutas medían entre 0,5 y 1 cm de altura, y en agosto estos medían alrededor de 4 cm.

### Resultados preliminares

Todavía disponemos de pocos datos como para analizarlos, pero se puede avanzar que el método de traslación de ramos fértiles y replantación con CDPAs está funcionando con éxito en dos de las tres estaciones de Cala Teulera. En las piedras experimentales se han detectado entre 55 y 100 individuos por piedra, de media por cada tratamiento. El número de individuos reclutados es más elevado en las piedras situadas a 0 metros de las CDPAs y disminuye en las piedras situadas a 2 y 4 metros de distancia, sin encontrarse diferencias entre estos dos últimos tratamientos. La altura media de los individuos reclutados oscila entre 2 y 3 cm, mientras que las alturas máximas lo hacen entre 4 y 7 cm (Tabla 6). En la tercera estación, correspondiente a Cala Lladó, no creció ningún individuo de *C. barbata* debido probablemente a la presencia de gran densidad de un gasterópodo herbívoro que ha impedido el reclutamiento de *C. barbata*.

**Tabla 6.-** Número y altura de los individuos de *C. barbata* reclutados en las piedras experimentales del tratamiento "in situ". CDPAs: Contenedor-Dispensor de Propágalos de Algas.

Estación	Distancia CDPAs	$\mu$ nº individuos	SD	h media (cm)	h máxima (cm)
Teulera 1	0 m	120	19,06	2,33	6,67
	2 m	79	29,05	2,25	6,67
	4 m	78	12,66	1,75	3,75
Teulera 2	0 m	96	22,8	3,75	7
	2 m	55	15,09	2,75	7,75
	4 m	58	17,93	2,67	6,05

En cuanto a las piedras sometidas al método “ex-situ”, el éxito de reclutamiento parece menor, aunque habrá que esperar más tiempo antes de sacar conclusiones ya que este experimento empezó más tarde que el primero. En Cala Lladó, donde no se tuvo éxito con el método “in-situ”, se colocaron piedras “ex-situ” en una zona sin *Cymodocea nodosa*, ya que parece que los gasterópodos herbívoros se encuentran mayoritariamente en la pradera de *Cymodocea*. Aún así, el número de individuos que han sobrevivido después de dos meses de la colocación de las piedras experimentales en el mar ha sido mucho más bajo en Cala Lladó que en las dos otras estaciones de Cala Teulera (Tabla 7). El número medio de reclutas en las piedras “ex situ” de Cala Teulera oscila entre 50 y 60, mientras que en Cala Lladó se encuentran unos 14 individuos de media por cada piedra. La altura media de los individuos provenientes del experimento “ex situ” está sobre 1 cm, mientras que la altura máxima está entre 2 y 3 cm (Tabla 7).

**Tabla 7.-** Número y altura de los individuos de *C. barbata* reclutados en las piedras experimentales del tratamiento “ex situ”.

	$\mu$ nº individuos	SD	h media (cm)	h máxima (cm)
Teulera 1	51	15,77	0,93	2,71
Teulera 2	59	22,79	0,95	2,37
Cala Lladó	14	10,65	1,4	2,19

### Actividades previstas

En el futuro, se pretende continuar con el monitoreo de la nueva población de *C. barbata* restaurada en Cala Teulera. Por otro lado, no se descarta probar otras metodologías para la restauración como por ejemplo el transplante de adultos, como ya se ha realizado con éxito en otros lugares y con otras especies (Falace et al. 2006, Susini et al. 2007). Además, está previsto llevar a cabo algunos experimentos de laboratorio para evaluar el efecto de la contaminación y del herbivorismo sobre el reclutamiento de *Cystoseira barbata*.

#### 3.2.2. EFECTO DE LA RESTAURACIÓN DE LAS POBLACIONES DE *Cystoseira barbata* SOBRE EL RECLUTAMIENTO DE *Symphodus* spp.

La biodiversidad marina sustenta la provisión de una gran cantidad de bienes y servicios esenciales para la humanidad (Costanza et al 1997). En consecuencia la pérdida de biodiversidad se ha convertido en una preocupación de gran relevancia a nivel mundial (Loreau et al. 2001; Worm et al. 2009). En el contexto del Mar Mediterráneo, el cese de la pérdida de biodiversidad es de gran importancia ya que ésta región presenta una elevada biodiversidad (Bianchi y Morri 2000, Coll et al. 2010, Mouillot et al. 2011) y se prevé un progresivo aumento de los efectos de las actividades humanas sobre los ecosistema (Myers et al., 2000).

Las causas mas importantes que provocan la pérdida de la biodiversidad y los cambios relacionados con los servicios de los ecosistemas son la modificación o perdida del hábitat, el cambio climático, las especies invasoras, la sobreexplotación y la contaminación (Millennium Ecosystem Assessment 2005, Worm et al. 2006). Además, la mayoría de las causas de la pérdida de biodiversidad en el Mediterráneo se relacionan con el aumento del tamaño y la densidad de las poblaciones humanas, y las infraestructuras, asociadas a lo largo de la costa, que han provocado una pérdida de hábitat esencial para las especies. Por ejemplo, en las últimas décadas se ha producido una disminución importante de los bosques marinos de laminariales y fucales, macroalgas formadoras de estructura, en todo el mundo (Stenceck et al. 2002, Airoldi y Beck 2007, Connell et al. 2008). Esto es preocupante porque los bosques de algas desempeñan un papel clave en la costa en relación a la producción primaria, reciclado de nutrientes, regulación de perturbaciones (oleaje, temporales, etc.), y creación de hábitats complejos que facilitan la presencia de comunidades animales y vegetales de gran diversidad de especies (Stenceck et al 2002). Un caso evidente es el declive de las poblaciones de *Cystoseira* en muchas zonas del litoral mediterráneo (Perkol-Finkel y Airoldi 2010).

Cada vez son más abundantes los datos que apuntan a una influencia positiva de la presencia de poblaciones de *Cystoseira* en el reclutamiento de peces litorales (Cheminee et al 2011). De este modo, relacionado con el estudio de restauración de las poblaciones de *Cystoseira barbata* actualmente extinguidas en el puerto de Maó (ver apartado 3.2.1.) y en el marco del proyecto “Conservación del patrimonio natural de la isla de Menorca: restauración de los bosques de *Cystoseira barbata*” presentado a la Fundación Biodiversidad (ver punto 6 del informe), se quiere estudiar como la recuperación de los bosques de *C. barbata* puede favorecer el reclutamiento, refugio y alimentación de especies ícticas, algunas de ellas importantes para la pesca profesional y recreativa.

Las actividades realizadas durante el 2011 se han centrado en: i) puesta a punto de la metodología de muestreo; ii) llevar a cabo la primera campaña para la estimación de la abundancia de reclutas del género *Symphodus* asociados a los bosques de *Cystoseira* spp.

### **Puesta a punto de la metodología de muestreo**

Entre los días 1 y 8 de julio se realizó una semana de entrenamiento con el asesoramiento de Adrien Cheminée, estudiante de tesis de la Université de Nice-Sophia Antipolis, que ha centrado sus estudios en el efecto de los bosques de algas sobre la recuperación de poblaciones de peces litorales, sobre todo, del género *Symphodus*. El entrenamiento del personal de la estación se centró en poner a punto y estandarizar entre buceadores el método de censos visuales de peces juveniles mediante punto fijo. En este método el observador se sitúa en un punto fijo y va anotando el número de peces que entran en un área determinada y acotada (establecida en el medio de forma aleatoria) durante un periodo de tiempo fijo. En estas áreas se anotan también las características ambientales del microhábitat: profundidad, porcentaje de tipo de sustrato abiótico, y cobertura y altura de las algas presentes.

En este entrenamiento los buceadores se familiarizaron en reconocer de forma rápida y sencilla un área cuadrada de 0,5 m. Para ello se emplearon cuadrados sumergibles de PVC de 50 cm<sup>2</sup>. Asimismo fueron adiestrados para el reconocimiento de distintas especies de reclutas de peces y para la estimación de tallas, empleando para tal efecto modelos de siluetas sumergibles de distinto tamaño. Para estimar la altura de las algas se emplearon reglas milimétricas y se realizaron seis medidas por género de alga. Una vez determinada la unidad de muestreo y los descriptores del microhábitat, el buceador llevaba a cabo prácticas de los censos empleando dichas unidades muestrales, primero con el cuadrado de PVC y después sin el cuadrado, bajo la supervisión del experto, hasta conseguir igualdad de estimas entre los distintos buceadores.



**Fotografía 6.-** Entrenamiento del personal de la Estación con el asesoramiento de Adrien Cheminée (a la izquierda de la fotografía).

## Primera campaña para la estimación de la abundancia de reclutas del genero *Symphodus* asociados a los bosques de *Cystoseira* spp.

### Metodología

- Zona de estudio

Las zonas de estudio coinciden con las mismas áreas consideradas en el apartado 3.2.1. dónde se está llevando a cabo el proyecto de restauración de las poblaciones de *C. barbata*, la Bahía de Fornells, zona bien conservada donde se encuentra la única población de *C. barbata* del litoral español, y el puerto de Maó, zona degradada que actualmente ha recuperado cierto grado de calidad del agua. Primeramente se hizo una exploración de la zona para escoger los hábitats más adecuados para el estudio entre las calas objetivo (aquellas con registro de poblaciones de *C. barbata*). Las calas seleccionadas fueron por un lado las mismas calas donde se está desarrollando el proyecto de recuperación de *C. barbata* (Cala Taulera y Cala Lladó en el puerto de Maó), y por otro, aquellas donde de forma natural se concentran las mayores extensiones y densidades de las poblaciones de *C. barbata* (Cala Rotja y Cabra Salada, en la Bahía de Fornells) (Figura 6). Se establecieron dos estaciones de muestreo en cada una de las calas de restauración y una sola estación de muestreo en las calas con población natural.

- Diseño Experimental

El efecto de la restauración de *Cystoseira barbata* sobre el asentamiento y reclutamiento de las especies de *Symphodus* no se podrá evaluar hasta que las poblaciones de *C. barbata* de la zona restaurada en el puerto de Maó hayan llegado a cierto grado de madurez. En este primer muestreo se ha planteado realizar una comparación entre los diferentes hábitats que se encuentran en una escala de decenas de metros. Este análisis comparativo permitirá evaluar de forma más robusta el posible efecto de la restauración sobre el reclutamiento. Con este objetivo se han realizado censos visuales sobre sustratos cubiertos sólo por *Cymodocea nodosa* sin bloques (Cym), sustratos con *Cym* y bloques con *C. barbata* (Cym+B+Cb) y sustratos con *Cym* y bloques con Dictyotales o Sphacelariales (Cym+B+D). Además, los censos se hicieron en áreas de bloques con *C. barbata* (B+Cb) y bloques con Dictyotales o Sphacelariales (B+D), pero sin *Cym*, en ambos casos, a fin de determinar qué efecto tiene la ausencia de esta fanerógama en los censos.

De cada tipo de hábitat a testar se establecieron 10 contajes en 10 cuadrados elegidos al azar en cada estación de muestreo. En Cala Lladó aunque sólo había un área de restauración de bloques de *Cystoseira*, debido a la morfología peculiar de la cala (en "c"), que determina la existencia de distinto grado de exposición según el lado de la cala, se establecieron dos estaciones de muestreo, una a cada lado, a fin de comparar los efectos de la exposición.



**Fotografía 7.-** Muestreo de las poblaciones de reclutas de *Symphodus Spp.* en Cala Taulera (puerto de Maó).



A modo de control, para ver si el bloque puede tener algún tipo de efecto de atracción en los peces, en cada una de las dos estaciones de muestreo de Cala Taulera y Cala Lladó se establecieron 10 bloques limpios (Blimp) sin ningún tipo de cobertura. Estos bloques se obtuvieron de la zona emergida próxima a la zona de estudio y fueron limpiados previamente a los muestreos.

Según este diseño experimental se realizaron 220 censos, sobre 240 planificados, utilizando el método de punto fijo (Tabla 8). La campaña se realizó en dos partes. Una en julio, coincidiendo con la época de reclutamiento del *S. tinca* y *S. roissali*, entre el 09 y el 27 de julio. Requiriéndose un total de 12 días de salidas al mar, 5 de ellos con la finalidad de describir los hábitats, y 7 para realizar los contajes de reclutas. En esta campaña participaron un total de cinco buceadores. La segunda parte de la campaña se llevó a cabo en septiembre, coincidiendo con la época de reclutamiento de *S. ocellatus*, entre el 31 de agosto y el 15 de julio requiriéndose un total de 7 salidas para el contaje de reclutas y participando sólo dos buceadores.

### Resultados y actividades previstas

En número de individuos del género *Symphodus* ha variado entre 6,8 reclutas\*m<sup>-2</sup> en Cala Lladó (S2) sobre hábitat de dictiotales y 0 en Cala Teulera (S2) y Cala Lladó (S19) sobre hábitats de *Cymodocea* y Dictiotales (Tabla 9). También se ha censado un elevado número de reclutas en Cabra Salada (6,4\*m<sup>-2</sup>) sobre hábitat de *Cystoseira*.

El análisis estadístico de los datos mediante la utilización de modelos univariantes y multifactoriales se realizará en colaboración con el laboratorio ECOMERS de l'Université de Nice-Sophia Antipolis a lo largo de los meses de octubre-noviembre, aprovechando la estancia que la doctoranda Amalia Cuadros está realizando en dicho laboratorio. Esta estancia empezó el día 08 de octubre y finaliza a finales de noviembre.

Aunque los resultados de estos análisis no serán concluyentes, ya que para comprender la importancia de los bosques de *Cystoseira barbata* en el éxito de reclutamiento es necesario esperar al crecimiento de la *Cystoseira* cultivada en las áreas de restauración. Sin embargo, se espera poder analizar la hipótesis de partida que dentro de las áreas de población natural de *Cystoseira* el número de individuos observados de lábridos de género *Symphodus* es significativamente mayor que en los hábitats con bloques cubiertos con los otros tipos de algas, así como de aquellos hábitats con cobertura completa de *C. nodosa*. Asimismo se espera poder analizar si la presencia de bloques causa algún efecto de atracción en los peces. Para poder obtener resultados concluyentes, y analizar la propia variabilidad interanual del reclutamiento se planifica repetir el estudio en julio y septiembre de 2012, y también en 2013. A largo plazo, este estudio pretende conocer la importancia de los bosques de *C. barbata* como zona de nursery para las especies de género *Symphodus*, para ello se espera que en aquellas calas donde se está restaurando la *C. barbata* se obtenga un aumento en la abundancia y frecuencia de reclutas, desde que *C. barbata* inicia su desarrollo (hasta 6 centímetros en el 2011) hasta su completo desarrollo. Asimismo se pretende comparar el éxito del asentamiento en las calas restauradas respecto a las calas con poblaciones de *Cystoseira* natural.

**Tabla 8.-** Número total de censos visuales realizados por el método de punto fijo en las diferentes localidades y tipos de hábitat. Tipos de hábitat con *Cymodocea nodosa*: *C. nodosa* sin bloques (Cym); *C. nodosa* con bloques y *Cystoseira barbata* (Cym+B+Cb); *C. nodosa* con bloques y Dictyotales o Sphacelariales (Cym+B+D). Tipos de hábitat sin *C. nodosa*: bloques con *C. barbata* (B+Cb) y bloques con Dictyotales o Sphacelariales (B+D).

Localidad	Tipo de Hábitat						Total
	Cym	Cym+B+Cb	Cym+B+D	Blimp	B+Cb	B+D	
Lladó Site 1	10	-	-	10	10	10	40
Lladó Site 2	10	-	-	10	10	10	40
Taulera Site 1	10	10	10	10	-	-	40
Taulera Site 2	10	10	10	10	-	-	40
Rotja	10	10	10	-	-	-	30
Cabra Salada	10	10	10	-	-	-	30
Total	70	40	40	40	20	20	220

**Tabla 9.-** Número de reclutas por m<sup>2</sup> del género *Symphodus* censados en las diferentes localidades del puerto de Maó (Cala Taulera y Cala Lladó) y Bahía de Fornells (Cabra Salada y Cala Rotja).

Localidad	Hábitat	<i>Symphodus</i> /m <sup>2</sup>	se
Cala Taulera S1	Experimental	0,8	0,1
Cala Taulera S1	Dictiotales	1,9	0
Cala Taulera S1	<i>Cymodocea</i>	0,4	0,1
Cala Taulera S2	Experimental	0	0
Cala Taulera S2	Dictiotales	2	0,3
Cala Taulera S2	<i>Cymodocea</i>	0	0
Cala Lladó S1	Experimental	0,6	0,1
Cala Lladó S1	Dictiotales	0	0
Cala Lladó S1	<i>Cymodocea</i>	1,1	0,2
Cala Lladó S2	Experimental	5	0,4
Cala Lladó S2	Dictiotales	6,8	0,7
Cala Lladó S2	<i>Cymodocea</i>	3	0,4
Cabra Salada	<i>Cystoseira</i>	6,4	1,1
Cabra Salada	Dictiotales	2	0,2
Cabra Salada	<i>Cymodocea</i>	0,8	0,1
Cala Rotja	<i>Cystoseira</i>	2,8	0,2
Cala Rotja	Dictiotales	0,4	0,1
Cala Rotja	<i>Cymodocea</i>	2	0,2

### 3.2.3. ACTIVIDADES RELACIONADAS CON EL DESARROLLO DE LA TESIS DOCTORAL INCLUIDA EN EL CONVENIO DE COLABORACIÓN

En relación a la beca de formación que establece el convenio de colaboración, en el BOE nº 264 de 1 de noviembre de 2010, se publicó la resolución de 1 de octubre de 2010, del Instituto Español de Oceanografía, para la formación de personal investigador, en el marco del Plan Nacional de Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+i), para el periodo 2008-2011 y del Plan de Ciencia Tecnología e Innovación (PCTI) de las Illes Balears 2009-2012. El 07 de marzo de 2011 se publicó la resolución final de la concesión de la beca a favor de Isabel Amalia Cuadros.

#### **Objetivos de la tesis: El éxito del reclutamiento como índice de calidad ambiental**

En las últimas décadas los ecosistemas marinos mediterráneos se han convertido en los más amenazados del planeta. La creciente presión humana, está comprometiendo la conservación de su biodiversidad a grandes escalas (Bianchi and Morri 2000). La isla de Menorca fue declarada en 1993 Reserva de la Biosfera por la UNESCO, en reconocimiento a sus altos valores ecológicos, por la riqueza de sus ecosistemas terrestres y marinos. Desde entonces, se hizo imprescindible llevar a cabo el seguimiento de su flora y fauna en el marco de una actividad económica creciente. Diversas entidades se han interesado por el monitoreo de sus poblaciones de flora y fauna. Sin embargo, las poblaciones de peces estuvieron prácticamente olvidadas hasta el año 2000, cuando empezó el monitoreo de peces en la Reserva Marina del Norte de Menorca, por parte de la Dirección General de Pesca del *Govern de les Illes Balears* hasta la actualidad. Asimismo, el OBSAM (Observatorio Socio-ambiental de Menorca) comenzó en el 2001 un programa de seguimiento de peces de interés comercial en la isla (Sales et al. 2004).

Todos los monitoreos enfocados a las poblaciones de peces, se han centrado únicamente en la población adulta. Olvidando la importancia que tiene el seguimiento de los peces en sus primeras fases, en las que sufren las mayores tasas de mortalidad y que determinan la riqueza y abundancia de la población adulta. Hubo que esperar al verano del 2010, a la apertura de la Estación de Investigación Jaume Ferrer, a que comenzara a plantearse el seguimiento de juveniles.

El especial interés por la recuperación de los espacios naturales afectados por la presión humana, ha llevado a intentar conocer cómo afecta la presión antrópica en las áreas litorales, que son las áreas más vulnerables. La mayoría de estudios en este sentido se han centrado en el estudio del macrobentos. No obstante se ha demostrado la validez de otras comunidades, incluso el placton e itioplacton, para este propósito (Warwick 1993). El objetivo de esta tesis se centra en las primeras fases de los peces litorales.

Los estudios de impacto están basados en el principio básico de detectar cambios en las comunidades, bien en composición específica, bien en abundancia (Guidetti et al. 2002) y todos los casos tienen ventajas y desventajas para este fin. En el caso que nos ocupa, el principal inconveniente del seguimiento de poblaciones de peces es su movilidad, que puede hacerlos insensibles a los efectos de presión antrópica (Clarke & Warwick, 1994). Sin embargo, destaca en ellos su taxonomía comparativamente fácil (Warwick 1993) y la posibilidad de emplear métodos de censos visuales, procedimientos estandarizados, fáciles, rápidos y efectivos para recoger datos cuantitativos in situ (Harmelin-Vivien et al. 1985). Por otro lado, las nurseries de peces se caracterizan por su inmovilidad. La utilización de las primeras fases vitales de peces para este fin ha sido extremadamente escasa en la literatura científica (Guidetti et al. 2002). Del mismo modo hay una ausencia casi total de estudios comparando la presencia de juveniles en áreas marinas protegidas y desprotegidas (Planes et al. 2000).

En esta misma línea, se desconoce si factores como la contaminación o el tráfico de barcos, pueden tener efectos importantes en las etapas tempranas de los peces. Estudios previos de impacto ambiental demuestran que la resuspensión de sedimentos pone de nuevo en circulación contaminantes depositados en el fondo, haciendo que los contaminantes estén de nuevo biológicamente disponibles (revisado en Eggleton & Thomas 2004). Esto puede causar daños directos en la fauna, causando daños en las branquias y ojos de los peces (Wilber and Clarke 2001).

Uno de los objetivos de este estudio es conocer si hay diferencias en las poblaciones de “nurseries” en cuanto a riqueza y abundancia específica en áreas naturales ideales (de reserva marina) y en áreas afectadas impactos antrópicos, en un intento por conocer si estas poblaciones podrían ser utilizados como indicadores de calidad ambiental.

## **Metodología**

Cabe señalar que se conoce la problemática que tienen este tipo de estudios en cuanto a su diseño experimental y la importancia de una buena planificación para poder obtener conclusiones válidas (Guidetti et al. 2002; Benedetti-Cecchi y Osio 2007). Por ello se pretende utilizar una modificación del diseño BACI (Before-After-Control\_impact) (Smith 2002) y análisis univariantes y multivariantes (Guidetti et al. 2002). Por ello se van a comparar bahías ambiental y geológicamente similares, con la misma disponibilidad de microhábitats para las nurseries, con la misma pendiente, misma exposición y olas, pero de distinto estatus de conservación: Puerto de Mahon, Puerto de Adaia, Área de Reserva Marina I, Área de Reserva Marina II y 4 controles.

Se pretende conocer que especies ícticas reclutan en estas calas, cuales son los hábitats preferentes de reclutamiento, en qué momento y con qué éxito lo hacen (en términos de producción larvaria) con intención analizar si el éxito de reclutamiento en determinadas especies puede servir de diagnóstico del estado de las poblaciones, para poder determinar el buen estado ambiental de los ecosistemas y establecer correctas medidas de gestión. Se planea llevar a cabo muestreos durante los meses de mayo-septiembre, coincidiendo con el repunte de reclutamiento de la mayoría de especies litorales. Para ello se realizarán censos visuales, siguiendo una modificación del de Harmelin-Vivien et al. (1985), a tres profundidades diferentes a fin de detectar el efecto profundidad.

## **Actividades realizadas**

En primer lugar, y de forma continua, se está llevando a cabo la recopilación bibliográfica. El objetivo es obtener una base bibliográfica amplia y detallada sobre temas relacionados con las primeras etapas vitales en peces, el efecto del hábitat y las técnicas empleadas en los estudios de evaluación de reservas marinas y de impacto ambiental.

En segundo lugar, se está evaluando los sistemas de muestreo más apropiado para obtener una relación de esfuerzo de muestreo adecuada para recopilar el máximo número de datos en el medio marino, bajo las condiciones que rodean a la Isla de Menorca. Para ello, se han realizado reuniones con distintos expertos que trabajan en contaje de peces empleando metodologías diferentes con ánimo de realizar un estudio piloto de las metodologías más adecuadas. A este fin se exploró la posibilidad de emplear redes de ictioplancton ya que se ha visto su efectividad en numerosos estudios, aunque esta depende de las características de la captura (Pepin and Shears 1997). En este caso se contó con la supervisión de los investigadores Franciso Alemany y Patricia Reglero, observándose sin embargo que la representatividad deseada de las especies litorales de interés era muy bajo y las dificultades técnicas que entrañaba la metodología eran amplias (ver apartado 3.1.3).

Asimismo se llevaron a cabo censos visuales siguiendo las recomendaciones de Harmelin-Vivien et al. 1985, probándose distintos métodos de transecto con la ayuda de expertos como Antonio García-Rubies, Olga Reñones y Josep Coll (ver apartado 3.1.5). Se probó el empleo de tiempo (3 min) para estandarizar la unidad muestral, sin embargo se vio que los transectos resultaban muy cortos y además la longitud de estos variaba dependiente del número de peces censados. Se probó el empleo de GPS para posicionar los transectos, pero dada la topografía y tamaño de las calas, habitualmente de pequeña magnitud, se comprobó que las referencias geomorfológicas de la costa eran suficientes para la orientación del buceador y posicionamiento de los transectos. Se decidió la utilización de transectos de 10 metros, para obtener así recorridos fijos, que fueran fácilmente reproducibles por los buceadores de la Estación. Para estandarizar la técnica de muestreo entre los diferentes observadores se creó un protocolo de muestreo para describir las características del hábitat. Para comprender la funcionalidad de la técnica, y su efectividad, a modo de estudio piloto, se llevó a cabo el seguimiento de reclutas de sargo

(espárido de fácil identificación) y de otros reclutas en el 30 % de las calas de Menorca. Se vio que este método podría resultar efectivo para evaluar el estado de las poblaciones de sargo en Menorca (ver apartado 3.1.5).

Asimismo, se llevaron a cabo con el doctorando Adrien Cheminee, censos mediante el método del punto fijo, viéndose que este método también podría resultar efectivo para cubrir los objetivos planteados en relación a los efectos de la restauración de las poblaciones de *C. barbata* en Cala Teulera sobre el reclutamiento de especies del género *Symphodus* (ver apartado 3.2.2).

Por otro lado, quiso comprobarse la utilidad de las cámaras subacuáticas en el censo de reclutas, porque ha sido un método innovador, empleado recientemente a este fin en la literatura científica (Becker et al. 2010). Se llevaron a cabo distintas pruebas con el equipamiento de la Estación y del *Centre Oceanogràfic de Balears*. Sin embargo, con el material disponible y las condiciones actuales, las pruebas no resultaron positivas, dada la baja calidad de las imágenes obtenidas, y la variación de la luz a lo largo del día.

### **Estancias en otros centros de investigación**

Se llevó a cabo una estancia en el Departamento de Ecología Marina de la Universidad de Murcia. Esta visita, permitió el entrenamiento y familiarización con la metodología de trampas de luz CARE (Collection by Artificial Reef-Ecofriendly) de probada eficiencia para la captura de larvas de peces (Carassou et al. 2008; Carassou et al. 2009) recopilándose datos técnicos, protocolos de muestreo y de procesamiento de muestras. Como resultado de esta estancia exista la posibilidad del préstamo temporal de estas trampas por parte del Dep. de Ecología ya que podrían ser de utilidad para evaluar la llegada de larvas en las zonas de estudio. Por último, durante la visita se llevaron a cabo reuniones científicas con el Dr. Jose Antonio García-Charton y con parte de su equipo investigador (Fabiana César, Félix Hackradt y Carlos W. Félix-Hackradt).

Se realizó una segunda estancia, en la Universidad de Sophia-Antipolis Niza, en del laboratorio ECOMERS. Durante esta estancia se analizaran los datos obtenidos en la campaña de *Symphodus* (ver apartado 3.2.2), y se mantuvieron reuniones científicas con varios investigadores expertos en el campo del reclutamiento (Dr. Patrice Francour, Dr. Jean-Olivier Irison, Dr. Philippe Koubbi, y los doctorandos, Hazel Arceo, Pierre Thiriet, Adrien Cheminee, así como otros investigadores de ECOMERS y del Observatorio Ocenológico de Villefranche-sur-mer). A partir de todas estas reuniones se hizo un planteamiento nuevo de algunos aspectos y objetivos de la tesis en relación a la incorporación de varios parámetros ambientales que puedan explicar mejor los eventos de reclutamiento. Por otro lado se planteó también la exploración de diferentes técnicas de muestreo. Se valoró la posibilidad de utilizar sustratos artificiales ASU (Artificial Seagrass Unit), con el fin de comparar áreas antropizadas y no antropizadas, y para discernir si la falta de estructura de hábitat es lo que determina la estructura de las comunidades de peces juveniles.

### 3.3. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTO

#### 3.3.1. PROPUESTA DE UN NUEVO SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE LA PESCA DE ARRASTRE SOBRE EL FONDO MARINO MEDIANTE EL USO DE PUERTAS PELÁGICAS

##### **Información general de proyecto**

Este proyecto, impulsado por la Cofradía de Pescadores de Maó, ha sido financiado por el Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino, mediante la convocatoria de ayudas al desarrollo tecnológico pesquero y acuícola para el año 2010. En el proyecto participan la embarcación con base en el puerto de Maó *Nueva Joven Josefina*, la empresa Simrad Spain (líder mundial en equipamiento para la investigación pesquera), la *Conselleria de Presidencia del Govern de les Illes Balears*, a través de la *Direcció General de Pesca*, y el *Centre Oceanogràfic de Balears* del Instituto Español de Oceanografía a través del personal científico de la Estación de Investigación Jaume Ferrer. Se trata, por tanto, de una colaboración importante entre el sector productivo, el sector privado y las administraciones autonómica y general del Estado. El proyecto cuenta con una financiación de 54.473 €, de los cuales 18.270 € son para hacer el seguimiento científico a cargo de la Estación. La resolución de la concesión del proyecto se realizó en diciembre del 2010.

##### **Introducción**

Dos de los principales problemas de la pesquería de arrastre de fondo en el Mediterráneo son el impacto directo de las artes de pesca sobre el fondo marino y su poca selectividad, así como su elevado consumo de combustibles fósiles y su baja eficiencia energética. Todo ello, unido a la inobservancia de las limitaciones de potencia de sus embarcaciones y el incremento del precio del combustible en los últimos años, no compensado por un aumento del precio de venta de los productos pesqueros, ha provocado una reducción de su rendimiento económico y coloca a esta pesquería ante una situación de difícil viabilidad, tanto ecológica como económica.

El elemento de la pesquería de arrastre que más impacto genera sobre los ecosistemas bentónicos marinos es el par de puertas, encargadas de abrir horizontalmente la red, debido a la fricción de las mismas sobre el fondo y al flujo del agua sobre su superficie. La presente propuesta pretende desarrollar un sistema de arrastre alternativo, basado en el uso de unas puertas que no contactan con el fondo marino y que no implican ninguna otra modificación en el resto del arte de pesca (malletas, vientos y red), y en una red con copo de malla cuadrada de 40 mm y 3 mm de torzal, tal y como establece el Reglamento (CE) N° 1967/2006, del Consejo de 21 de diciembre, relativo a las medidas de gestión para la explotación sostenible de los recursos pesqueros en el Mediterráneo, a la que se acoplarán además diversas ventanas de malla cuadrada en la parte superior de la manga de la red, anterior al copo. Al no tener el freno de la fricción de las puertas sobre el fondo marino, se reducirá también la tensión o resistencia del arte a ser remolcado, y, por tanto, se podrá disminuir el régimen de vueltas del motor.

Con todo ello se proponen alcanzar los siguientes objetivos: i) reducir el impacto físico del arte de arrastre sobre el fondo marino, y el efecto negativo sobre los ecosistemas explotados; ii) disminuir el consumo de combustible de la embarcación, lo que permitiría reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y aumentar la relación coste-eficiencia de la actividad; iii) seguir desarrollando la técnica de pesca con este tipo de puertas y comprobar la viabilidad de las mismas en el caso concreto de la pesquería de les Illes Balears; y iv) mejorar la selectividad de la pesquería y la calidad en las capturas (por no recibir la red los sedimentos movilizados por el arado de las puertas en el fondo marino), sin una disminución de su rendimiento económico.

## Actividades realizadas

El proyecto, que tiene una duración de 12 meses, finaliza en diciembre del 2011 y se ha desarrollado en cinco fases: i) desarrollo del sistema de arrastre alternativo; ii) campaña de investigación para su ajuste y evaluación comercial; iii) análisis de datos; iv) elaboración del informe final; v) difusión de resultados. Estas cinco fases se han desarrollado según el cronograma previsto (Tabla 10). Actualmente se está trabajando en la redacción del informe que debe estar finalizado a finales de Noviembre.

**Tabla 10-** Actividades realizadas según el cronograma establecido en la propuesta del proyecto de reducción del impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino mediante el uso de puertas pelágicas. TRA: arte de pesca tradicional; EXP: arte de pesca experimental; P: plataforma; T: talud; IEO: Instituto Español de Oceanografía; NJJ: embarcación Nueva Joven Josefina.

Fechas	Actividad	Responsabilidad
1-2 Abril	Instalación y verificación sensores	SIMRAD y NJJ
4-19 Abril	20 pesques TRA: 10 P + 10 T	NJJ y IEO
28-30 Abril	Instalación y puesta a punto EXP	SIMRAD y NJJ
3-18 Mayo	20 pesques EXP: 10 P + 10 T	NJJ y IEO
Jun - Sep	Informatización y análisis datos	IEO y SIMRAD
Oct – Nov	Elaboración informe final	IEO y DGP
Diciembre	Difusión resultados	DGP, CIM, SIMRAD y CPM

La recogida de la información a bordo del B/P se ha realizado mediante el embarque de dos observadores científicos del Centro Oceanográfico de Baleares (COB), pertenecientes al Instituto Español de Oceanografía (IEO). Uno del propio Centro en Palma y otro de la Estación de Investigación Jaime Ferrer en la Mola (Menorca). En cada una de las pescas se recogió información de situación, profundidad, rumbo y velocidad de la embarcación durante los momentos de calada, firmes y virada. Además se anotaba la longitud de cable y malletas, dirección y velocidad del viento, así como el estado de la mar durante la operación de pesca, y la geometría del arte (abertura vertical y horizontal, y apertura y profundidad de las puertas). Cada día se anotaba la captura total desembarcada, por categoría comercial y el valor económico de su primera venta, así como los costes de explotación (consumo de combustible).

El muestreo se realizó en dos estratos batimétricos: i) fondo de fango de plataforma (P), aproximadamente entre 120 y 150 m para la captura de pescado (principalmente merluza, salmonetes, rayas y “morralla”) y, ii) fondos del talud (T), aproximadamente entre 400 y 700 m, para la captura de marisco (principalmente gamba y cigala). En cada uno de estos estratos se realizaron 10 pescas con cada tipo de arte, con un total de 40 pescas. El muestro que se realizó para cada pesca se detalla a continuación:

- Estimación del rendimiento: Se anotó el número y peso de la captura total, así como de la fracción desembarcada y descartada, de todas las especies.
- Distribuciones de tallas: En cada una de las pescas, se midieron totas las especies comerciales de peces (tanto ejemplares comercializados como descartados), así como los crustáceos decápodos y cefalópodos comerciales.

**Principales conclusiones del proyecto**

1. El arte de pesca de arrastre experimental, basado en el uso de unas puertas que no contactan con el fondo marino, no ha mostrado diferencias significativas respecto del arte tradicional, por lo que se refiere a las maniobras de pesca comerciales, la composición de la captura total, los rendimientos de las principales especies comerciales y los descartes, en fondos de la plataforma profunda y el talud medio de las Islas Baleares.
2. La disminución en los rendimientos de algunas especies objetivo (p.ej. merluza y gamba roja), pueden atribuirse a la propia variabilidad de la pesquería y, sobretudo, a la falta de adaptación al nuevo sistema, por parte del patrón de la embarcación, que no dispuso del período necesario para su puesta a punto, que en gran parte se tuvo que realizar durante la propia campaña de investigación.
3. Las distribuciones de tallas de la captura de las principales especies comerciales, tampoco han mostrado un patrón claro que diferencie los dos artes comparados, por lo que no se ha demostrado que las ventanas de malla cuadrada incorporadas en la parte superior de la manga del arte experimental mejoren su selectividad.
4. Las puertas del arte experimental, de menor coeficiente de resistencia y mayor coeficiente de expansión que las del arte tradicional, han permitido mejorar la eficiencia hidrodinámica y eliminar su fricción sobre el fondo marino. Con ello se reduce el consumo de combustible en un 14% en la plataforma y un 4% en el talud, manteniendo e incluso aumentando las dimensiones del aparejo trabajando sobre el fondo.
5. Esta potencial reducción del impacto sobre el fondo marino y mejora en la eficiencia energética del arte experimental respecto al tradicional, se ha obtenido sin una pérdida significativa de los rendimientos pesqueros, en la mayoría de los casos.
6. No obstante lo anterior, el arte experimental puede presentar aspectos a tener en cuenta respecto al tradicional, como es un potencial incremento en el área barrida, consecuencia del incremento en las dimensiones de la red trabajando sobre el fondo. Aunque poco probable en el contexto actual de elevado precio del combustible, este nuevo sistema podría incluso resultar en un incremento de la velocidad de arrastre, manteniendo el consumo, con el consiguiente aumento de la distancia recorrida por pesca. En ambos casos, se incrementaría esfuerzo efectivo de pesca.
7. El cambio realizado con el arte experimental durante el presente proyecto, unido a otras posibles modificaciones (p.ej. paños de red sin nudo y de mayor luz de malla en la parte anterior de la red y reducción de la longitud de malletas, que ofrezcan menor resistencia a la tracción), muestran la posibilidad de seguir mejorando la pesquería de arrastre de fondo, con el objetivo de intentar hacerla ecológica y económicamente sostenible.
8. La colaboración entre diferentes agentes implicados en la pesca de arrastre del Mediterráneo (sector pesquero, administración, empresas tecnológicas y centros de investigación) se ha demostrado eficaz para el desarrollo y transferencia de tecnología, que permita la implantación de sistemas innovadores en las pesquerías.



### 3.4. FORMACIÓN Y DIVULGACIÓN

#### 3.4.1. MEJORAS REALIZADAS EN LA PÁGINA WEB DE LA ESTACIÓN

Durante el año 2011 se ha seguido manteniendo la página web de la Estación Jaume Ferrer. A lo largo del año se han actualizado apartados como el Programa Científico, en dónde se ha incluido el Plan Estratégico de la Estación de Investigación aprobado en la reunión de 6 de junio de 2011 de la Comisión científico-técnica, y se ha completado el apartado Reglamento de Uso de la Estación, con una breve descripción del reglamento, un enlace al documento íntegro del mismo, al régimen de autorización y al formulario de solicitud localizados en la página web de la *Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Coneixement* (DGURTC). Además, se ha incluido el nuevo personal integrante de la estación en calidad de Becaria FPI del IEO. Está previsto incluir próximamente nuevos apartados tales como Proyectos de la Estación, Noticias y Recursos multimedia.

El enlace al formulario de solicitud de la DGURTC es:

[http://www.caib.es/govern/sac/visor\\_proc.do?codi=897793&lang=ca&coduo=203](http://www.caib.es/govern/sac/visor_proc.do?codi=897793&lang=ca&coduo=203)

#### 3.4.2. FORMACIÓN ESTUDIANTES

Durante los meses de abril a agosto, tres estudiantes realizaron estancias breves en la Estación para llevar a cabo sus proyectos de Máster o de grado:

##### a. **Título del proyecto de Máster:**

**Estudiante:** Rachel Lluch

**Universidad:** *Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat Politècnica de Barcelona*

**Máster:** Acuicultura

**Periodo de la estancia:** Mayo-julio

**Puntuación obtenida:** 7,6 sobre 10

**Resumen del trabajo y valoración de la estancia:** El trabajo se ha centrado en la caracterización del cultivo de mejillón (*Mytilus galloprovincialis*) en el puerto de Mahón (Menorca). Del mejillón cultivado se ha estudiado; el crecimiento, la mortalidad, el rendimiento y la calidad de la carne, diferenciación sexual y presencia de parásitos (*Mytilicola intestinalis*). Así mismo se han estudiado los parámetros ambientales tales como la temperatura del agua, la cantidad de clorofila y de seston, parámetros ambientales íntimamente relacionados con el cultivo. A pesar de la falta de concordancia en algunos de los resultados obtenidos, debido al poco tiempo de estudio y a la falta de control de los lotes de mejillones proporcionados por los cultivadores, el trabajo ha permitido recopilar información y una serie de datos inexistentes hasta la fecha, y que podrán utilizarse como puente de cara a futuros proyectos.

La estancia ha sido muy positiva. El sitio está en una zona privilegiada, aunque poco comunicada con la isla (se necesita de transporte propio para acceder al centro). En relación al trabajo diario, cabe remarcar que la escasez del material (laboratorio muy básico) y las aglomeraciones puntuales de personal (otros equipos de investigación, visitantes, que han ido viniendo y utilizando las instalaciones del centro a lo largo del verano) así como la demanda del material (coincidencia de uso de la embarcación, del laboratorio, etc.) me ha dificultado el seguimiento del trabajo al tener que re-adaptar los calendarios de muestreo etc. Con ello, el trabajo ha perdido precisión en la recogida de datos.

- b. **Título del proyecto de Máster:** Prácticas de empresa en la Estación de Investigación Jaume Ferrer de la Mola de Maó

**Estudiante:** Neus Sagristà

**Universidad:** Universidad de Barcelona

**Máster:** Ciencias del Mar: oceanografía y gestión del medio marino

**Periodo de la estancia:** Abril-Julio 2011

**Puntuación obtenida:** 9 sobre 10

**Resumen del trabajo y valoración de la estancia:** Los objetivos del proyecto fueron i) realizar un trabajo de investigación usando datos de abundancia de las campañas MEDITS entre 2001 y 2010 para determinar el efecto de la profundidad en las poblaciones de peces demersales del mar Balear y, ii) participar en las tareas técnicas de la Estación. Las tareas realizadas se concretaron:

i) Trabajo de investigación: se realizaron consultas a la base de datos OCEAN del IEO para obtener datos de abundancia y biomasa de las campañas MEDITS realizadas en el mar Balear entre 2001 y 2010; estos datos se trataron y analizaron para obtener información sobre el efecto de la profundidad en la distribución de peces demersales en la zona. El análisis realizado consistió en CLÚSTER, ANOSIM y SIMPER para determinar que la distribución de las abundancias está significativamente condicionada por la profundidad (el factor tiempo se descartó por no ser significativo). La metodología y los resultados fueron consultados y ratificados en diversos estudios científicos hechos en la zona.

ii) Participación en la campaña de reclutamiento de espáridos: el objetivo era obtener información sobre el proceso de reclutamiento de diversas especies, centrándose en el sargo (*Diplodus sargus*), mediante censos visuales a lo largo de transectos de 10 m y descripción del hábitat en diferentes puntos del litoral.

iii) Participación en el proyecto de restauración de *Cystoseira barbata*: se trasplantaron reclutas de *C. barbata* en el puerto de Maó con la intención de restaurar la población en la zona, actualmente extinguida. La observación del proceso de crecimiento se aprovechó para realizar censos de reclutas de diversas especies para realizar estudios de selección de hábitat.

iv) Participación en la campaña de estudio del efecto de restauración de *C. barbata* sobre los reclutas del género *Symphodus*: la campaña realizada se ha centrado en el estudio del efecto del tipo de sustrato a nivel de microescala (decenas de metros) en el reclutamiento de especies del género *Symphodus*.

v) Participación en la campaña MEDITS 2011: la campaña en la zona GSA-05 correspondiente al mar Balear se realizó entre el 7 y el 21 de junio de 2011, usando el arte GOC73 del protocolo del proyecto y recopilando datos de diversa índole a bordo. La tarea asignada a la estudiante fue la de muestreo biológico y de tallas.

La valoración general de la estancia ha sido muy satisfactoria. Ha sido una oportunidad única trabajar en una estación de investigación y poder participar en las tareas que se desarrollan, no solo llevándolas a cabo sino también participando en su diseño y planificación, lo que me ha permitido aprender mucho directamente sobre el terreno.

- c. **Título del proyecto de licenciatura:** *Conservation of natural heritage of the island of Menorca: restoring the seaweed forests of Cystoseira barbata*

**Estudiante:** Federico Fabbri

**Universidad:** Università degli Studi di Trieste (Trieste, Italia)

**Licenciatura:** BcS in Biología

**Periodo de la estancia:** 11/07/2011-13/08/2011

**Puntuación obtenida:** 106 de 110

**Resumen del trabajo y valoración de la estancia:** To complete his cycle of studies the student Federico Fabbri has supported an internship at the Jaume Ferrer Oceanographic Station. Specifically he has processed data collected on *Cystoseira barbata* populations in Fornells bay to give a better understanding of the population dynamics and to improve his knowledge and skills in the field of scientific research.

The work has been used by the student as the subject of his thesis. The data were processed and summarized through the use of charts and tables that allowed a more complete and clear understanding of the relationship between the *C. barbata* populations and the ecological conditions of the sampling location. Graphs about the size frequency-distribution of the populations were developed for the different sampling sites, the data on average height and standard deviation calculated for each population were placed on a table useful to verify the existence of relationships between the substrate and the individual populations. The density of *C. barbata* has been integrated in a GIS (Geographical Information System) to give a complete and simplified vision of the spatial distribution in the Fornells bay. The graphs of the size frequency distribution, the table on the relationship between the population average age and substratum and the GIS have been useful instruments to observe, speculate and understand what and how are the biotic and environmental parameters influencing the growth of this species in its natural habitat. The main conclusions are that the substrate affects the density of population but it does not affect the size structure that is influenced by a set of environmental parameters. The high percentage of juveniles per population and the unstable environment typical of shallow water where this seaweed grows naturally suggest that *C. barbata* should be a species with high community dynamics.

This internship allowed me to improve my knowledge about the marine ecosystem, but in particular it represented an opportunity to operate in a working-environment learning many possible approaches to scientific research in biology.

#### 4. COLABORACIONES DEL PERSONAL DEL CENTRO OCEANOGRÁFICO DE BALEARES

El personal del Centro Oceanográfico de Baleares (COB) se ha involucrado en diferentes actividades relacionadas con el Programa Científico de la Estación. Las actividades de colaboración desarrolladas por el personal del COB se detallan en la Tabla 11.

**Tabla 11.-** Actividades de colaboración desarrolladas por el personal del *Centre Oceanogràfic de Balears*.

Actividad	Personal involucrado
Puesta a punto del ROV Bleeper Evo	C. Barberá, E. Massutí
Programa Científico. Seguimiento variables ambientales	J.L. López Jurado, J. Jansá
Programa Científico. Proyecto seguimiento pesquerías	A. Quetglas, M. Ramón, F. Ordines, M. Valls, B. Guijarro
Programa Científico. Producción secundaria	F. Alemany, P. Reglero
Programa Científico. Reclutamiento <i>Diplodus sargus</i>	O. Reñones
Programa Científico. Formación estudiantes	B. Guijarro
Programa Científico. Proyecto "Portes"	F. Ordines, M. Valls, E. Massutí
Mejoras página web de la Estación	A. Morillas
Elaboración proyecto laboratorio experimentación	E. Ólafsson, P. Reglero, F. Alemany, M. Ramón, M. Diaz
Representación institucional	E. Massutí, P. Oliver
Bases bibliográficas	C. Iglesias
Tareas administrativas y secretaria	J. Fort, M. Cañellas, V. Vargas, C. Serra

## 5. COLABORACIONES CON OTRAS ACTIVIDADES NO INCLUIDAS EN EL PLAN ESTRATÉGICO

### 5.1. PROSPECCIÓN DE LAS COMUNIDADES DE ALGAS DE PROFUNDIDAD DOMINADAS POR ESPECIES DEL GÉNERO *Cystoseira*

Durante la primera semana de agosto, el Dr. Bernat Hereu y la estudiante de doctorado Laura Navarro, del Departamento de Ecología de la Universidad de Barcelona, realizaron una primera campaña de prospección de las comunidades de algas profundas dominadas por especies de *Cystoseira* en Menorca (Anexo II). Se hicieron seis salidas al mar prospectándose fondos entre los 20 y los 45 metros de profundidad en diversas zonas del norte, este y sureste de la isla. Para las prospecciones se utilizó la cámara IPSE de la Estación e inmersiones con escafandra autónoma. En la zona del Cap de Cavalleria se detectaron pequeñas poblaciones de *C. spinosa* v. *compressa*, pero que no llegaban a cubrir grandes extensiones ni presentaban densidades muy altas. En la zona del cabo de La Mola de Maó se detectó una población de *C. foeniculacea* v. *tenuiramosa* entre 20 y 22 metros de profundidad. El sureste de la isla parece ser la zona más apropiada para el desarrollo de las comunidades de *Cystoseira* de profundidad. Entre la Illa de l'Aire y Es Canutells existe una franja más o menos continua a 32-37 m de profundidad ocupada por poblaciones de *C. spinosa* v. *compressa*. La continuidad de esa franja hacia el oeste se podrá comprobar en futuras campañas. No se detectaron poblaciones de *C. zosteroides*, especie que suele aparecer a más profundidad que *C. spinosa* v. *compressa* en otras zonas del Mediterráneo occidental, como Cataluña y Port-Cros (Francia). Hay ejemplares de esta especie hallados a profundidades entre los 70 y los 95 metros en la zona de Maó en el herbario de J.J. Rodríguez Femenías (finales de S. XIX). Para poder comprobar la presencia en la actualidad de esta especie en los fondos de Menorca serían necesarios otros métodos de muestreo que los utilizados en la presente campaña.

### 5.2. MANTENIMIENTO DE SENSORES DE TEMPERATURA E IRRADIACIÓN

Entre enero y agosto se visitó periódicamente un experimento para evaluar la tolerancia de la gorgonia blanca (*Eunicella singularis*) al aumento de temperatura y/o a ciertas anomalías térmicas que se están dando durante los últimos años. Este es un experimento que han llevado a cabo el Dr. Rafel Coma y el estudiante de doctorado Eduard Serrano ambos del Centro de Estudios Avanzados de Blanes (CEAB-CSIC) que empezaron en agosto del 2010. Este equipo lleva varios años estudiando las poblaciones de gorgonia blanca (*Eunicella singularis*) del norte de Menorca. El experimento lleva asociada la instalación de una serie de sensores de temperatura e irradiación lumínica. El personal de la Estación ha llevado a cabo el mantenimiento periódico y la limpieza de los sensores instalados.

### 5.3. CARTOGRAFÍA DEL LITORAL DE MENORCA

El día 7 de abril, parte del personal de la Estación (Joan Moranta y Marta Sales) asistió a una reunión en el Consell Insular de Menorca (CIME) a la que también asistieron Ricard Cots (Departamento de Ordenación del Territorio del CIME), David Carreras (OBSAM) y Rafel Quintana (OBSAM). Desde estas diferentes instituciones se ha demostrado interés en elaborar una base de datos de toda la cartografía marina existente para Menorca, colocándola en un SIG (Sistema de Información Geográfica), para que sea consultable a través de la página web del CIME. Durante la reunión se establecieron acuerdos para llevar a cabo esta actividad en colaboración entre las tres instituciones. Se acordó empezar haciendo una tabla de toda la información disponible en cuanto a cartografía marina. Se destacó la dificultad de llevar a cabo las tareas de conseguir y poner a punto todas las capas de información que existen. Este trabajo requiere conocimientos medios-elevados de SIG, y además lleva mucho tiempo. La información disponible se presenta en la Tabla 12.

**Tabla 12.-** Información disponible para la creación de una base de datos cartográfica del medio marino de Menorca. Se indica el tipo de información (descripción), el organismo responsable y en el caso se que la información ya esté disponible en formato SIG se indica el nombre de la capa.

Descripción	Organismo	Nombre capa
Cartografía de hábitats de todo el litoral (hasta 50m de profundidad)	Min. Medio Ambiente	Ecocartografía
<i>Cystoseira</i> y otras algas indicadoras inventariada en segmentos de costa	IME-OBSAM	Cysto_segments
<i>Cystoseira</i> y otras algas indicadoras inventariada en segmentos de costa	IME-OBSAM	Cysto_qaigua
<i>Cystoseira</i> y otras algas indicadoras inventariada en segmentos de costa	DG Recursos Hídric	
<i>Cystoseira</i> y otras algas indicadoras inventariada en segmentos de costa	DG Recursos Hídric	
Analíticas de las aguas de baño en playas	C. Sanitat/IME-OBSAM	analit_aigües
Figuras de protección en medio marino	DG Pesca/C. Medi Ambient	figures_protecció
Zonificación marina del parque natural de s'Albufera des Grau	C. Medi Ambient	zonificació_pn
Red natura 2000 en medio marino	C. Medi Ambient	xn_2000_marina
Zonificación de la Reserva Marina del Norte	DG Pesca	zonificació_rm
Estaciones monitoreo <i>Posidonia</i>	IME-OBSAM	estacions_posidonia
Estaciones monitoreo peces sobre <i>Posidonia</i>	IME-OBSAM	estacions_peixos
Estaciones monitoreo peces sobre roca	IME-OBSAM	estacions_roca
Grado de exposición de la costa	IME-OBSAM	exposicio_costa
Intensidad de pesca recreativa	DG Pesca/IME	pesca_recreativa
Estado de conservación de <i>C. nodosa</i>	IME-OBSAM	estacions_Cymodocea
Cartografía de hábitats del parque natural	C. Medi Ambient	fons_parc_natural
Cartografía de los LICs que coinciden con el parque natural	C. Medi Ambient	fons_lics_parc_natural
Cartografía de hábitats de Addaia	C. Medi Ambient	fons_addaia
Cartografía de hábitats de la Illa de l'Aire	C. Medi Ambient	fons_aire
Cartografía de hábitats de la Reserva Marina	DG Pesca	fons_reserva_nord
Cartografía del fondo del LIC Sud de Ciutadella	C. Medi Ambient	fons_lic_sud
Batimetría del promontorio balear	IEO	batimetria_promontori
Mapa de las zonas pesqueras de las Baleares	IEO	zones pesca
Distribución y estructura de tallas	IME-OBSAM	Pinna nobilis
Bioindicadores calidad ambiental masas de agua costeras	DG Recursos Hídric	DMA_macroalgues
Bioindicadores calidad ambiental masas de agua costeras	DG Recursos Hídric	DMA_P.oceanica
Distribución de <i>Cystoseira</i> de modo calmado	CSIC-IME	cysto_cales
Distribución de comunidades litorales en los puertos de Maó y Ciutadella	CSIC-IME	cysto_ports

#### 5.4. PARTICIPACIÓN EN LA CAMPAÑA MEDITS0611

Desde 1992, el IEO lleva a cabo campañas de evaluación de recursos demersales, a lo largo de la plataforma y talud de la costa mediterránea. Primero en Alborán (serie MERSEL, Gil de Sola 1994) y, desde 1994, en toda la costa peninsular (serie MEDITS, Bertrand 2002). En 2001 se inició una serie de campañas en Mallorca y Menorca (serie BALAR Massutí y Guijarro 2004), que desde 2007 han pasado a formar parte de las campañas MEDITS. Estas campañas de investigación permiten obtener información sobre la distribución, abundancia y estructura poblacional de especies y comunidades demersales, así como la determinación de los principales parámetros biológico-pesqueros de las especies explotadas y analizar el impacto de la pesca. En las islas baleares el área prospectada corresponde a fondos de plataforma y talud superior de las islas de Mallorca y Menorca, entre 50 y 800 m de profundidad. Eva M<sup>a</sup> Vidal, técnico de la Estación y Neus Sagristà, estudiante de Máster que ha realizado la prácticas en la Estación (ver apartado 3.4.2.) participaron en la campaña MEDITS0611 llevada a cabo del 7 al 21 de junio. El personal de la Estación participó en esta campaña con el objetivo de adquirir experiencia en la toma de datos biológico-pesqueros y la realización de muestreos en buques oceanográficos.

#### 5.5. PARTICIPACIÓN EN LA CAMPAÑA INDEMARES\_CANAL0811

Del 22 de septiembre al 14 de octubre se llevó a cabo la campaña *INDEMARES\_CANAL0811*, a bordo del B.O. Miguel Oliver, propiedad de la Secretaria General del Mar del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (MARM). Esta campaña se enmarca dentro del proyecto IDEMARES, cuya finalidad es inventariar y designar las Áreas Marinas Protegidas que formarán parte de la Red Natura 200, y fue dirigida por el Dr. Joan Moranta, coordinador científico de la Estación. El proyecto está coordinado por la Fundación Biodiversidad, tiene un enfoque participativo e integra el trabajo de instituciones de referencia en el ámbito de la gestión, la investigación y la conservación del medio marino: el MARM, el IEO, el CSIC, ALNITAK, la Coordinadora para el Estudio de los Mamíferos Marinos, OCEANA, la Sociedad para el Estudio de los Cetáceos en el Archipiélago Canario, SEO/BirdLife y WWF España. La campaña se realizó en aguas del canal de Menorca, una de las diez áreas de la zona económica exclusiva del Estado Español incluidas en el proyecto. Participaron 8 investigadores y técnicos del Centro Oceanográfico de Balears del IEO, otros expertos del IEO en Madrid, el CSIC, TRAGSATEC, la *Direcció General d'Universitats, Recerca i Transferència del Coneixement del Govern de les Illes Balears*, las universidades de Santiago de Compostela y Girona, así como estudiantes en prácticas de las universidades de las Islas Baleares, Girona, Barcelona y Autónoma de Madrid, hasta completar un total de 25 participantes. En los 24 días de campaña se recorriéron casi 3.000 millas. Durante este tiempo se realizaron 26 inmersiones del ROV con 55 horas de grabación en video; 43 estaciones de CTD para medir la temperatura y salinidad del agua y 18 horas de grabación con ADCP para medir las corrientes. Respecto a las estaciones de biología, en la campaña se efectuaron 56 patines de epibentos, 57 trineos de suprabentos; 60 dragas de sedimento y otros 57 trineos para fotografiar los fondos y grabar vídeos. Respecto a los trabajos de geología, se prospectaron 790 kilómetros cuadrados y se recorrieron un total de 3.910 millas para realizar los correspondientes trabajos de batimetría y estudios del sustrato.

La información obtenida en la campaña complementará y ampliará la información obtenida en campañas anteriores, desarrolladas en el marco de un convenio entre el Govern de les Illes Balears y el IEO. Durante las tres semanas que duró la campaña, se completaron las cartografías del área de estudio, obteniendo planos topográficos y geológicos de gran detalle, los estudios sobre la diversidad y el cartografiado de los diferentes ecosistemas que aparecen en esta zona y se pretende evaluar su estado de conservación, así como el impacto de las actividades antrópicas.

## 5.6. VARIATION OF OXYGEN VALUES IN ENCLOSED MEDITERRANEAN BAYS DUE TO HIGH TEMPERATURES

**Protocol using the multiprobe sensors Hydrolab DS5X**

**Author: Alexandra Steckbauer**

**Supervisor: Carlos M. Duarte**

**in Co-operation with Joan Moranta and Marta Sales Villalonga**



Hypoxia, known as  $< 2 \text{ ml l}^{-1}$  dissolved oxygen (DO), is a worldwide problem in shallow and enclosed marine ecosystems. Below these levels, benthic organisms start to show atypical behaviour, leading to mass mortality when oxygen declines below  $0.5 \text{ ml DO l}^{-1}$  (Diaz and Rosenberg, 1995, 2008). Hypoxia affects organisms in different ways, as it is able to limit the energy budget or affects the growth and activity of an organism (Burnett and Stickle, 2001). Moreover, it leads to changes in the behaviour (Riedel et al., 2008), and/or may limit the tolerance of an organism to other environmental challenges. The number of hypoxic events, which can also be natural caused by temperature or salinity stratification (thermocline or halocline), was increasing in the last centuries due to anthropogenic inputs of nutrients and organic matter into the water bodies (Phil et al., 1992; Wu, 2002). Especially in a 30 km band near the coast, the implications of declining oxygen concentrations are more severe (Gilbert et al., 2009), whereas shallow and enclosed bays with soft substrate and riverine input are more likely for such events (Stachowitsch & Avcin, 1987). The Balearic Islands (Mallorca, Menorca, Cabrera, Ibiza and Formentera, harbour a lot of shallow bays, which makes this islands to a perfect object to study the drivers and effects of global warming. The aim of this experiment is to learn more about the influences of increasing temperature on decreasing oxygen (hypoxia). With this study we hope to find out if there is a correlation between these factors, e.g. if there has to be a minimum temperature or a special number of hot days before a hypoxic event can develop. To investigate the drivers of low oxygen values (increased temperature, pH and CO<sub>2</sub>) in shallow and enclosed Mediterranean bays, a multiparameter water quality sensor with a battery pack (Hydrolabs DS5X) was deployed at different stations in the Balearic Islands, also in the bay of Mahon (Figure 7).



**Photograph 8.-** Deployment of the Hydrolab in a seagrass meadow (*Posidonia oceanica*) at station 1 (picture by A. Steckbauer)

The Hydrolab was fixed in a metal support and attached to the sediment, with the sensors placed within 40 cm from the sediment surface. Measurements of oxygen, temperature, salinity, pH and depth were registered every 10 minutes. Deployments of approximately 10 days were conducted between June and August, when temperature is higher and the probability of hypoxia increases. Moreover, water samples to measure alkalinity were taken from the bottom (close to the Hydrolab) and the surface at the beginning and end of each deployment. All the samples are still in process of analysis. These measurements will show if there is a link between temperature and oxygen value (e.g. if there has to be a minimum temperature in the bay, or if there has to be a minimum of hot days before a hypoxic event can appear). With the data of oxygen, alkalinity and pH the respiration index will be correlated. This experiment will be repeated during the next summer to collect more data and improve our knowledge about the drivers of hypoxic events.

### 5.7. ASesoramiento Ambiental en la Ordenación de los Amarras del Puerto de Sa Nitja

A raíz del fuerte temporal que sufrió Menorca en el año 2001 y que provocó daños importantes en los muelles para el amarre de embarcaciones en el Puerto de Sa Nitja, tanto la Demarcación de Costas de Baleares como el Ayuntamiento de Es Mercadal propusieron que las instalaciones existentes fueran sustituidas por otras nuevas más seguras y estables, adaptándose a las normativas actuales que rigen este tipo de instalaciones marítimas.

El Puerto de Sa Nitja es una zona de alto valor ecológico (ver Anexo IV) que se encuentra incluida en un Lugar de Interés Comunitario (LIC), por lo que cualquier actividad que se lleve a cabo en esta zona debe acompañarse de una evaluación de impacto ambiental. Es por ello que la *Asociació d'Usuaris del Port de Sa Nitja* se puso en contacto con el personal de la Estación para solicitarnos un breve informe sobre las particularidades de los hábitats sumergidos del Port de Sa Nitja, su estado de conservación y el previsible impacto que tendría la elaboración del proyecto de mejora de los pantalanes. Dicho informe se adjunta en el Anexo IV.

El día 8 de Noviembre, Marta Sales asistió a una reunión en la *Conselleria de Mediambient del Govern Balear* junto con representantes de la *Asociació d'Usuaris del Port de Sa Nitja*, Joan Moll (el ingeniero que va a redactar el proyecto de ordenación) y técnicos del Govern Balear. En esta reunión se acordaron una serie de puntos y aspectos a tener en cuenta en la redacción de un nuevo proyecto de ordenación que incluya los criterios ambientales necesarios para que pueda ser aprobado. La Estación de Investigación Jaume Ferrer se ha comprometido a redactar el Estudio Ambiental Previo relativo al nuevo proyecto que se va a presentar para la ordenación en Sa Nitja, por el elevado valor ambiental de la zona.



## 6. PROYECTOS SOLICITADOS

### 6.1. NUEVO SISTEMA PARA LA REDUCCIÓN DEL IMPACTO DE LA PESCA DE ARRASTRE SOBRE EL FONDO MARINO MEDIANTE EL USO DE PUERTAS PELÁGICAS

**Tipo de contrato/Programa:** Convocatoria de ayudas al desarrollo tecnológico pesquero y acuícola para el año 2010

**Empresa/Administración financiadora:** Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino

**Entidades participantes:** Cofradía de pescadores de Maó, SIMRAD España, *Centre Oceanogràfic de Balears*

**Importe:** 54.473 € (18.270 € IEO)

**Estado:** Concedido y en ejecución (fecha final del proyecto 12/31/2011)

**Entidades participantes:** *Centre Oceanogràfic de Balears* (IEO-COB)

**Investigador Principal:** Enric Massutí y Joan Moranta

**Número de investigadores participantes:** 5

### 6.2. EFECTOS SINÉRGICOS DEL CLIMA Y LA PESCA SOBRE LOS ECOSISTEMAS DEMERSALES DEL ATLÁNTICO NORTE Y EL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

**Tipo de contrato/Programa:** Plan Nacional de I+D+i 2008-2011

**Empresa/Administración financiadora:** Ministerio de Ciencia e Innovación

**Entidades participantes:** Instituto Español de Oceanografía, *Universitat de les Illes Balears*, College of Oceanic & Atmospheric Sciences (Oregon State University), Centre for Ecological and Evolutionary Synthesis (University of Oslo), School of Ocean Sciences (Bangor University), Technical University of Denmark

**Importe:** 287.000 €

**Estado:** Denegado

**Investigador Principal:** Joan Moranta

**Número de investigadores participantes:** 26

### 6.3. MAXIMISING YIELD OF FISHERIES WHILE BALANCING ECOSYSTEM, ECONOMIC AND SOCIAL CONCERNS

**Tipo de contrato/Programa:** Beyond Maximum Sustainable Yield (MSY) in fisheries: defining management targets and their consequence (KBBE.2011.1.2-09)

**Empresa/Administración financiadora:** Unión Europea

**Entidades participantes:** National Institute of Aquatic Resources (DTU Aqua, Technical University of Denmark), Instituto Español de Oceanografía (IEO) y otras 29 instituciones

**Importe:** 4.827.819 € (219.980 € IEO)

**Estado:** Concedido (fecha inicio del proyecto 01/04/2012)

**Investigador Principal:** Anna Rindorf (DTU Aqua), Antoni Quetglas (IEO)

**Número de investigadores participantes:** 9 (IEO)

### 6.4. CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO NATURAL DE LA ISLA DE MENORCA: RESTAURACIÓN DE LOS BOSQUES DE CYSTOSEIRA BARBATA

**Tipo de contrato/Programa:** Programa 1.1. Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i) en Patrimonio Natural y Biodiversidad

**Empresa/Administración financiadora:** Fundación Biodiversidad

**Entidades participantes:** *Centre Oceanogràfic de Balears* (IEO-COB), *Centre d'Estudis Avançats de Blanes* (CSIC-CEAB), *Universitat de Girona* (UG), *Institut Mediterrani d'Estudis Avançats* (CSIC-IMEDEA), *Université de Nice Sophia Antipolis*

**Importe:** 118.496 €

**Estado:** Pendiente de resolución (fecha prevista de resolución diciembre 2011)

**Investigador Principal:** Joan Moranta y Marta Sales

**Número de investigadores participantes:** 10

### 6.5. ACCIÓN PILOTO PARA LA PESCA DE LA CIGALA CON NASAS

**Tipo de contrato/Programa:** Convocatòria d'Accions Col·lectives  
**Empresa/Administración financiadora:** Fons de Garantia Agrària i Pesquera de les Illes Balears (FOGAIBA)  
**Entidades participantes:** *Centre Oceanogràfic de Balears*  
**Importe:** 48.489 €  
**Estado:** Pendiente de resolución  
**Investigador Principal:** Enric Massutí y Joan Moranta  
**Número de investigadores participantes:** 5

### 6.6. ESTUDIO DE LA EVOLUCIÓN DE LA ANOMALÍA TERMOHALINA DE LAS AGUAS PROFUNDAS DEL MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL

**Tipo de contrato/Programa:** XVI Concurso nacional para la adjudicación de ayudas a la investigación en ciencias de la vida y la materia 2011  
**Empresa/Administración financiadora:** Fundación Areces  
**Entidades participantes:** *Centre Oceanogràfic de Balears*  
**Importe:** 147.210 €  
**Estado:** Pendiente de resolución  
**Investigador Principal:** Rosa Balbín  
**Número de investigadores participantes:** 11

## 7. MANTENIMIENTO Y ADQUISICIÓN DE EQUIPAMIENTO

Según establece el convenio de colaboración una de las obligaciones del IEO es realizar las tareas de montaje y puesta a punto de los equipos científico-técnicos, y encargarse de su mantenimiento y buen funcionamiento. Al igual que el 2010, y según se puede observar el listado de las diferentes actividades realizadas de la Tabla 13, durante el 2011 se ha hecho una labor intensa en este sentido. Se ha realizado un especial esfuerzo en el mantenimiento de la instalación y el equipamiento informático. Uno de los principales problemas sigue siendo la conexión a Internet. Todavía no se ha encontrado una solución definitiva a este problema y se sigue funcionando con un módem portátil 3G contratado por el IEO. Se ha instalado un servidor de Internet para dar cobertura a toda la red informática de la Estación (LAN y Wifi). Periódicamente se ha contratado el servicio de una empresa informática para realizar el mantenimiento e ir solucionando los problemas puntuales y revisar los equipos. Mediante la financiación obtenida con el proyecto "Nuevo sistema para la reducción del impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino mediante el uso de puertas pelágicas" financiado por el MARM (apartado 6.1.) se han adquirido dos ordenadores portátiles; dos pantallas, teclados y ratones; y una impresora, por valor de 2000 €.

Se ha realizado un mantenimiento periódico de la embarcación, realizando las revisiones pertinentes del motor y reparando las averías resultado, tanto del uso por parte del personal de la Estación en las actividades propias del Programa Científico, como por parte del personal científico de otras instituciones que ha solicitado su uso. En este año, también ha sido necesario hacer la revisión para renovar el permiso de navegación. Por último, se ha rotulado la embarcación con el nombre, el número de matrícula y el titular de la embarcación.

En relación al mantenimiento del equipamiento propio de la Estación se solicitó a la empresa Albatros S.A. una revisión general del ROV (Remote Operated Vehicle) Bleeper Evo de la Estación. El ROV fue suministrado por la empresa PRAESSENTIS al *Govern de les Illes Balears* en el 2008 como equipamiento científico-técnico para el proyecto "Xarxa d'Estacions d'Investigació de les Illes Balears". Tal como se explica en el informe del 2010, el funcionamiento del ROV no fue el esperado y se requirió negociar toda una serie de mejoras y cambios para una adecuación de su uso a actividades científicas. Se esperaba que el ROV estuviera operativo en enero del 2011, pero debido primero a un retraso en el suministro de las piezas, y después a la falta de solvencia de la empresa PRAESSENTIS, fue necesario

buscar otras alternativas. Por esta razón se solicitó un informe a la empresa Albatros para que realizará un diagnóstico del estado del ROV y valorara las diferentes opciones y alternativas de mejora del sistema. Después de la revisión y diagnóstico realizado por Albatros se acordó con la DGRUTC del *Govern de les Illes Balears* hacer las mejoras y modificaciones que básicamente consisten en: i) revisión de la corrosión de los componentes metálicos y sustitución de la tornillería, ii) revisión de los propulsores y diseño y mecanizado nuevo de los ejes y del sistemas de sellado, iii) revisión y modificación del cableado del video y sus conexiones, iv) ajustes de la flotación y, v) revisión del sensor de presión, de la unidad de superficie del software y la aplicación de control.

Se ha adquirido nuevo equipamiento científico-técnico que consiste básicamente en un trineo suprabentónico de pequeñas dimensiones para utilizar desde la embarcación de la Estación, un dinamómetro digital, un carro metálico y una cubeta de PVC para facilitar la limpieza y almacenaje los trajes de buceo y un chigre eléctrico para el embarcadero. Se ha realizado la instalación de agua corriente en el embarcadero y se ha adquirido nuevo mobiliario para las habitaciones, los baños y los despachos.

**Tabla 13.-** Actividades de manteniendo, puesta a punto y adquisición de equipamiento realizado por el personal de la Estación Jaume Ferrer y del *Centre Oceanogràfic de Balears*.

<b>Concepto</b>	<b>Importe</b>
Mantenimiento	
Instalación y equipamiento informático	2975
Embarcación	2907
Equipamiento propio de la Estación	1464
Instalaciones	307
Vehículo Estación	120
Adquisición equipamiento	
Trineo Suprabentónico	4354
Mobiliario dormitorio y baños	2885
Equipamiento general para la Estación	2459
Material fungible	
Material de buceo	1991
Material fungible (varios)	1608
Material de laboratorio	1444
Material de muestreo de campo	1089
Material informático	821
Mobiliario accesorios	589
<b>Total</b>	<b>25011</b>

**8. DISTRIBUCIÓN DEL PRESUPUESTO**

A continuación se presenta un resumen del presupuesto ejecutado a día 31 de octubre que asciende a 237.649 €, 92.649 € de la aportación del Govern de les Illes Balears que supone aproximadamente el 98 % del total de la ayuda del 2011, y 145.000 € de la aportación del IEO que incluye la dedicación del personal, la subvención del proyecto “portes” (Nuevo sistema para la reducción del impacto de la pesca de arrastre sobre el fondo marino mediante el uso de puertas pelágicas, punto 6.1. del presente informe) y otros gastos.

**Aportación del Govern de les Illes Balears**

Concepto	Importe (€)	Total (€)	%
Personal contratado	61.455		
Dietas y locomoción	6.166		
Mobiliario	2.884		
Pequeño equipamiento	4.354		
Material fungible y otros	8.272		
Mantenimiento embarcación	2.907		
Otros	6.611		
<b>Subtotal</b>		92.649	39

**Aportación del IEO**

Concepto	Importe (€)	Total (€)	%
Personal	124.000		
Mobiliario	1.200		
Pequeño equipamiento	1.400		
Mejoras internet	400		
<b>Subtotal</b>		127.000	53
Proyecto “portes”			
Dietas y locomoción	10300		
Material inventariable	2.500		
Material fungible y otros	5.200		
<b>Subtotal</b>		18.000	8
<b>Subtotal IEO</b>		145.000	61
<b>Total Anualidad</b>		237.649	

## 9. PUBLICACIONES

- Barberá C., Fernandez-Jover D., Jiménez J.A.L., Silvera D.G., Hinz H., **Moranta J.** 2011. Trophic ecology of the sea urchin *Spatangus purpureus* elucidated from gonad fatty acids composition analysis. *Marine Environmental Research* 71:235-246.
- Guijarro B., Tserpes G., **Moranta J.**, Massuti E. 2011. Assessment of the deep water trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean): from single to multi-species approach. *Hydrobiologia* 670:67-85.
- Gouragine A., Hidalgo M., **Moranta J.**, Baylei D.M., Ordines F., Guijarro B., Valls M., Barberá C., de Mesa A. 2011. Elasmobranch spatial segregation in the western Mediterranean. *Scientia Marina* 75: 633-639.
- Hidalgo M., Rouyer T., Molinero J.C., Massuti E., **Moranta J.**, Guijarro B., Stenseth N.C. 2011. Synergistic effects of fishing-induced demographic changes and climate variation on fish population dynamics. *Marine Ecology Progress Series* 426: 1-U18 (Feature Article).
- Ordines F., Jordá G., Quetglas A., Flexas M., **Moranta J.**, Massutí E. 2011. Connections between hydrodynamics, benthic landscape and associated fauna in the Balearic Islands, western Mediterranean. *Continental Shelf Research* 31: 1835–1844
- Ordines F., Massutí E., **Moranta J.**, Guijarro B., Khaled F. 2011. Balearic Islands vs Algeria: two nearby western Mediterranean elasmobranch assemblages with different oceanographic scenarios and fishing histories. *Scientia Marina* 75: 707-717
- Sales M.**, Cebrian E., Tomas F., Ballesteros E. 2011. Pollution impacts and recovery potential in three species of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 92: 347-357.
- Sales M.**, Ballesteros E., Anderson M.J., Ivesa L., Cardona E. 2011. Biogeographical patterns of algal communities in the Mediterranean Sea: *Cystoseira crinita*-dominated assemblages as a case study. *Journal of Biogeography*. Versión online publicada, doi: 10.1111/j.1365-2699.2011.02564.x
- Valls M., Quetgals A., Ordines F., **Moranta J.** Feeding ecology of demersal elasmobranchs from the shelf and slope off the Balearic Sea (western Mediterranean). *Scientia Marina* 75: 633-639.
- Barberá C., **Moranta J.**, Ordines F., Ramón M., de Mesa A., Díaz-Valdés M., Grau A.M., Massuti E. 2012. Biodiversity and habitat mapping of the Menorca Channel (western Mediterranean): implications for conservation (2012). *Biodiversity and Conservation* (Aceptado).
- Guijarro B., Massutí E., Quetglas A., **Moranta J.**, Ordines F., Valls M., González N. 2012. Inter- and intra-annual trends and status indicators of nektobenthic elasmobranchs off the Balearic Islands (northwestern Mediterranean). *Scientia Marina* (Aceptado).
- Johnson A.F., Valls M., **Moranta J.**, Jenkins S., Hiddink J., Hinz H. Effect of prey abundance and size on the distribution of demersal fishes. 2012. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (Aceptado).
- Sales M.**, Ballesteros E. 2012. Seasonal dynamics and annual production of *Cystoseira crinita* (Fucales, Ochrophyta)-dominated assemblages from the north western Mediterranean. *Scientia Marina* (Aceptado).
- de Juan S., **Moranta J.**, Hinz H., Barberá C., Ojeda-Martinez C., Orod D., Ordines F., Ólafsson E., Demestre M., Massutí E., Leonart J., Massutí E. Political inertia: the biggest threat to the implementation of an ecosystem approach to fisheries management in the Mediterranean. *Marine Policy* (Enviado).
- Sala E., Ballesteros E., Dendrinis P., Di Franco A., Ferretti F., Foley D., Frascchetti S., Friedlander A., Garrabou J., Güçlüsoy H., Guidetti P., Halpern B.S., Hereu B., Karamanlidis A., Kizilkaya Z., Macpherson E., Mangialajo L., Mariani S., Micheli F., Pais A., Riser K., Rosenberg A., **Sales M.**, Starr R., Selkoe K.A., Tomas F., Zabala M. The structure of Mediterranean rocky reef ecosystems across environmental and human gradients, and conservation implications. *PLoS ONE* (Enviado).

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- Airoldi L., Beck M.W. 2007. Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 45: 345–405.
- Arévalo R., Pinedo S., Ballesteros E. 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test of proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55: 104-113
- Ballesteros E. 1988. Estructura y dinámica de la comunidad de *Cystoseira mediterranea* Sauvageau en el Mediterráneo Noroccidental. *Investigación Pesquera* 52: 313-334
- Ballesteros E. 1992. Els vegetals i la zonació litoral: espècies, comunitats i factors que influeixen en la seva distribució. Arxius de la Secció de Ciències, 101. *Institut d'Estudis Catalans*, Barcelona
- Ballesteros E., Garrabou J., Hereu B., Zabala M., Cebrian E., Sala E. 2009. Deep-water stands of *Cystoseira zosteroides* C. Agardh (Fucales, Ochrophyta) in the north-western Mediterranean: insights into assemblage structure and population dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 82: 477-484
- Beck M.W., Heck K.L., Able, K.W., Childers D.L., Eggleston D.B., Gillanders B.M., Halpern B., Hays C.G., Hoshino K., Minello T.J., Orth R.J., Sherindan P.F., Weinstein M.P. 2001. The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for Fish and Invertebrates. *BioScience* 51: 633-641.
- Becker A., Cowley P.D., Whitfield, A.K. 2010. Use of remote underwater video to record littoral habitat use by fish within a temporarily closed South African estuary. *Kidlington, Royaume-Uni*, Elsevier.
- Bell D. J., Westoby M. 1986. Variation in seagrass height and density over a wide spatial scale: Effects on common fish and decapods. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 104(1-3): 275-295.
- Benedetti-Cecchi L., Osio G.O. 2007. Replication and mitigation of effects of confounding variables in environmental impact assessment: effect of marinas on rocky-shore assemblages. *Marine Ecology Progress Series* 334: 21-35.
- Bianchi C.N., Morri C. 2000. Marine Biodiversity of the Mediterranean Sea: Situation, Problems and Prospects for Future Research. *Marine Pollution Bulletin* 40(5): 367-376.
- Braun-Blanquet J. 1951. *Pflanzensoziologie*. Springer, Wien
- Carassou L., Le Borgne R., Ponton D. 2009. Diet of pre-settlement larvae of coral-reef fishes: selection of prey types and sizes. *Journal of Fish Biology* 75: 707-715.
- Carassou L., Ponton D., Mellin C., Galzin R. 2008. Predicting the structure of larval fish assemblages by a hierarchical classification of meteorological and water column forcing factors. *Coral Reefs* 27: 867-880.
- Cheminee A., Sala E., Pastor J., Mangialajo L., Cottalorda J.M., Bodilis P., Bianchimani O., Arceo H., Francour P. 2010. Algal forests and the replenishment of Mediterranean rocky fishes. Consequences of the decline of *Cystoseira* forests on Mediterranean juvenile fish populations. ICES 2010. ASC Edition, p Q17
- Clayton M.N. 1992. Propagules of marine macroalgae: structure and development. *British Phycological Journal* 27: 219-232
- Coleman M.A., Kelaher B.P., Steinberg P.D., Millar A.J.K. 2008. Absence of a large brown macroalga on urbanized rocky reefs around Sydney, Australia, and evidence for historical decline. *Journal of Phycology* 44: 897-901
- Connell S.D., Russell B.D., Turner D.J., Shepherd S.A., Kildea T., et al. 2008. Recovering a lost baseline: missing kelp forests from a metropolitan coast. *Marine Ecology Progress Series* 360: 63–72.
- Connolly R.M. 1994. Removal of seagrass canopy: effects on small fish and their prey. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 184(1): 99-110.
- Cormaci M., Furnari G. 1999. Changes of the benthic algal flora of the Tremiti Islands (southern Adriatic) Italy. *Hydrobiologia* 398-399: 75-79

- Dahlgren C.P., Eggleston D.B. 2000. Ecological processes underlying ontogenetic habitat shifts in a coral reef fish. *Ecology* 81(8): 2227-2240.
- Dayton P.K. 1985. Ecology of kelp communities. *Annual Review of Ecology and Systematics* 16: 215-245
- Di Franco A., Guidetti P. 2010. Patterns of variability in early-life traits of fishes depend on spatial scale of analysis. *Biology Letters* 7(3): 454-456.
- Doherty P., Fowler T. 1994. An Empirical Test of Recruitment Limitation in a Coral Reef Fish. *Science* 263(5149): 935-939.
- Edgar G.J., Robertson A. I. 1992. The influence of seagrass structure on the distribution and abundance of mobile epifauna: pattern and process in a Western Australian Amphibolis bed. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 160(1): 13-31.
- Falace A., Zanelli E., Bressan G. 2006. Algal transplantation as a potential tool for artificial reef management and environmental mitigation. *Bulletin of Marine Science* 78: 161-166
- Feldmann J. 1937. Recherches sur la végétation marine de la Méditerranée: la côte des Albères. *Revue Algologique* 10: 73-254
- Forrester G.E., Steele M.A., Vance R.R. 2002. Chapter 13 - Simulating Large-Scale Population Dynamics Using Small-Scale Data. *Coral Reef Fishes*. San Diego, Academic Press: 275-301.
- García-Rubies A., Macpherson E. 1995. Substrate use and temporal pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. *Marine Biology* 124:35-42.
- Garrabou J., Ballesteros E., Zabala M. 2002. Structure and dynamics of north-western Mediterranean rocky benthic communities along a depth gradient. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 55: 493-508
- Giaccone G. 1973. Ecologie et chorologie des *Cystoseira* de Méditerranée. *Rapports de la Communauté Internationale mer Méditerranée* 22: 49-50
- Graham M.H. 2004. Effects of local deforestation on the diversity and structure of southern California giant kelp forest food webs. *Ecosystems* 7: 341-357
- Guidetti P., Fanelli G., Frascchetti S., Terlizzi A., Boero F. 2002. Coastal fish indicate human-induced changes in the Mediterranean littoral. *Marine Environmental Research* 53(1): 77-94.
- Hannan J., Williams R. 1998. Recruitment of juvenile marine fishes to seagrass habitat in a temperature Australian estuary. *Estuaries and Coasts* 21(1): 29-51.
- Harmelin-Vivien L.M., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabe G., Blanc F., Chevalier R., Duclerc J., Lasserre G. 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: methodes et problemes. Paris, France, *Societe Nationale de Protection de la Nature et d'Acclimatation de France*.
- Harmelin-Vivien M.L., Harmelin J.G., Leboulleux V. 1995. Microhabitat requirements for settlement of juvenile sparid fishes on Mediterranean rocky shores. *Hydrobiologia* 300/301: 309-320.
- Hereu B., Mangialajo L., Ballesteros E., Thibaut T. 2008 On the occurrence, structure and distribution of deep-water *Cystoseira* (Phaeophyceae) populations in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean). *European Journal of Phycology* 43: 263-273
- Hoffmann L., Clarisse S., Detienne X., Goffart A., Renard R., Demoulin V. 1988. Evolution of the populations of *Cystoseira balearica* (Phaeophyceae) and epiphytic Bangiophyceae in the Bay of Calvi (Corsica) in the last eight years. *Bulletin de la Société Royale de Liège* 4-5: 263-273
- Hoyo X. 1981. El port de Maó: un ecosistema de gran interès ecològic i didàctic. *Maina* 3: 32-37
- Jenkins G.P., Black K.P., Wheatley M. J., Hatton D.N. 1997. Temporal and spatial variability in recruitment of a temperate, seagrass-associated fish is largely determined by physical processes in the pre- and post-settlement phases. *Marine Ecology Progress Series* 148: 23-25.
- Johnson D.W. 2007. Habitat complexity modifies post-settlement mortality and recruitment dynamics of a marine fish. *Ecology* 88(7): 1716-1725.
- Levin P.S. 1991. Effects of microhabitat on recruitment variation in a Gulf of Maine reef fish. *Marine Ecology Progress Series* 75: 183-189.
- Mann K.H. 1973. Seaweeds: their productivity and strategy for growth. *Science* 182:v975-981

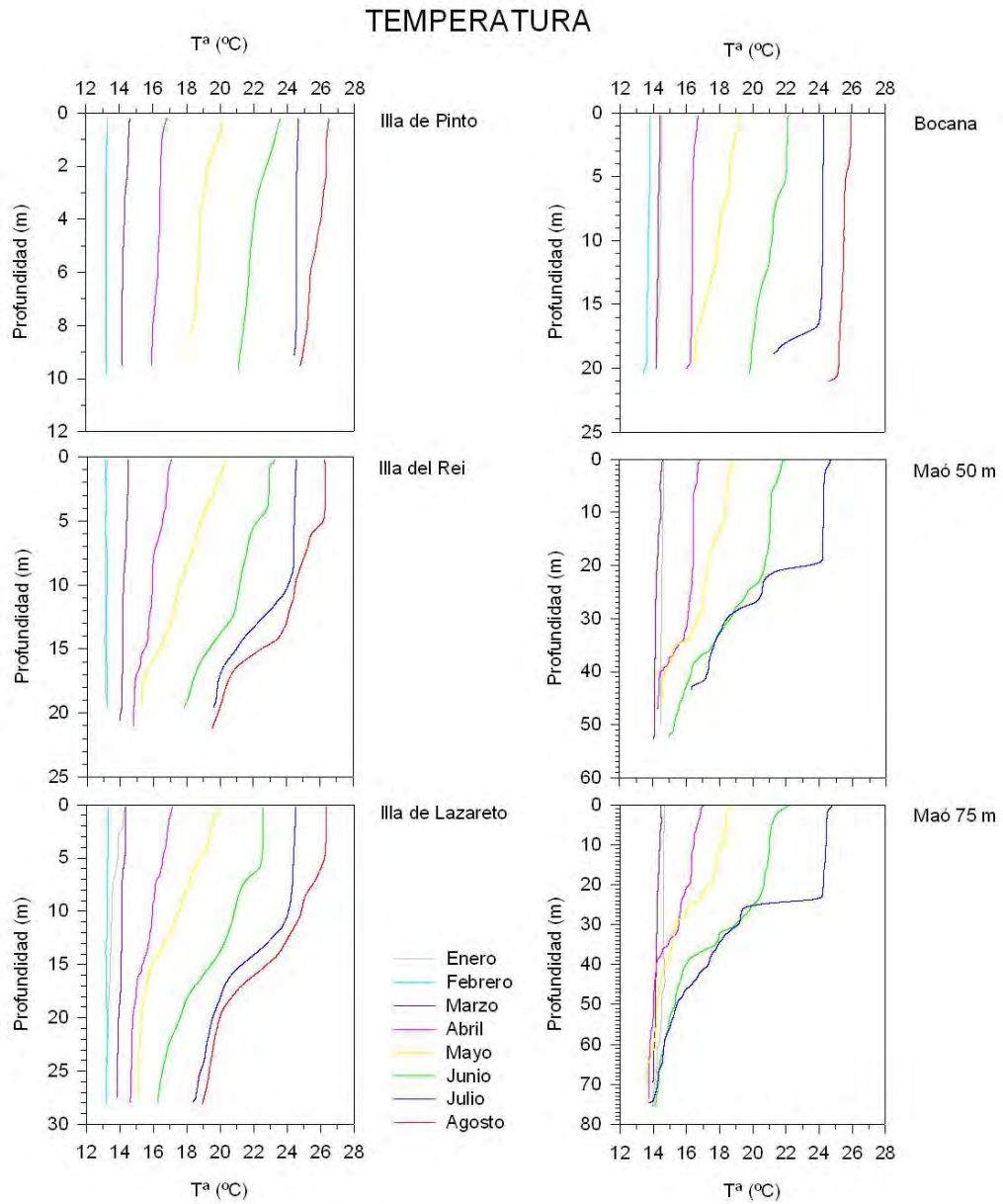
- Munda I. 1974. Changes and succession in the benthic algal associations of slightly polluted habitats. *Revue Internationale d'Océanographie Médicale* 34: 37-52
- Munda I. 1982. The effects of organic pollution on the distribution of fucoid algae from the Istrian coast (vicinity of Rovinj). *Acta Adriatica* 23: 329-337
- Paddock M. J., Sponaugle S. 2008. Recruitment and habitat selection of newly settled *Sparisoma viride* to reefs with low coral cover. *Marine Ecology Progress Series* 369: 205-212.
- Pepin P, Shears T.H. 1997. Variability and capture efficiency of bongo and Tucker trawl samplers in the collection of ichthyoplankton and other macrozooplankton. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54(4): 765-773.
- Perkol-Finkel S., Airoidi L. 2010. Loss and Recovery Potential of Marine Habitats: An Experimental Study of Factors Maintaining Resilience in Subtidal Algal Forests at the Adriatic Sea. *PLoS ONE* 5: e10791
- Planes S., Galzin R., García Rubies A., Goñi R., Harmelin J.G., Le Diréach L., Lefant P., Quetglas A. 2000. Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environmental Conservation* 27: 126-143.
- Raventos N., Macpherson E. 2005. Effect of pelagic larval growth and size-at-hatching on post-settlement survivorship in two temperate labrid fish of the genus *Symphodus*. *Marine Ecology Progress Series* 285 :205-211.
- Ribera M.A., Garreta A.G., Gallardo T., Cormaci M., Furnari G., Giaccone G. 1992. Check-list of Mediterranean Seaweeds. I. Fucophyceae (Warming, 1884). *Botanica Marina* 35: 109-130
- Rodríguez-Femenías J.J. 1889. Algas de las Baleares. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural* 18: 199-274
- Sales M., Ballesteros E. 2009. Shallow *Cystoseira* (Fucales: Ochrophyta) assemblages thriving in sheltered areas from Menorca (NW Mediterranean): relationships with environmental factors and anthropogenic pressures. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 84: 476-482
- Sales M., Cardona L., Carreras D. 2004. Seguiment del medi marí de l'Observatori Sociambiental de Menorca. *OBSAM*.
- Sales M., Cebrian E., Tomas F., Ballesteros E. 2011. Pollution impacts and recovery potential in three species of the genus *Cystoseira* (Fucales, Heterokontophyta). *Estuarine, coastal and shelf science* 92: 347-357
- Serio D., Alongi G., Catra M., Cormaci M., Furnari G. 2006. Changes in the benthic algal flora of Linosa Island (Straits of Sicily, Mediterranean Sea). *Botanica Marina* 49: 135-144
- Shanks A.L., Eckert G.L. 2005. Population persistence of California Current fishes and benthic crustaceans: A marine drift paradox. *Ecological Monographs* 75:505-524.
- Smith E.P. 2002. BACI design. *Encyclopedia of Environmetrics* 1: 141-148.
- Sogard S. M., Olla B. L. 1993. Effects of light, thermoclines and predator presence on vertical distribution and behavioral interactions of juvenile walleye pollock, *Theragra chalcogramma* Pallas. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 167(2): 179-195.
- Steneck R.S., Graham M.H., Bourque B.J., Corbett D., Erlandson J.M., Estes J.A., Tegner M.J. 2002. Kelp forest ecosystems: biodiversity, stability, resilience and future. *Environmental Conservation* 29: 436-459
- Susini ML, Mangialajo L, Thibaut T, Meinesz A (2007) Development of a transplantation technique of *Cystoseira amentacea* var. *stricta* and *Cystoseira compressa*. *Hydrobiologia* 580: 241-244
- Thibaut T., Pinedo S., Torras X., Ballesteros E. 2005. Long-term decline of the populations of Fucales (*Cystoseira* spp. and *Sargassum* spp.) in the Albères coast (France, north-western Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin* 50: 1472-1489
- Tupper M., Boutilier R.G. 1997. Effects of habitat on settlement, growth, predation risk and survival of a temperate reef fish. *Marine Ecology Progress Series* 151: 225-236.



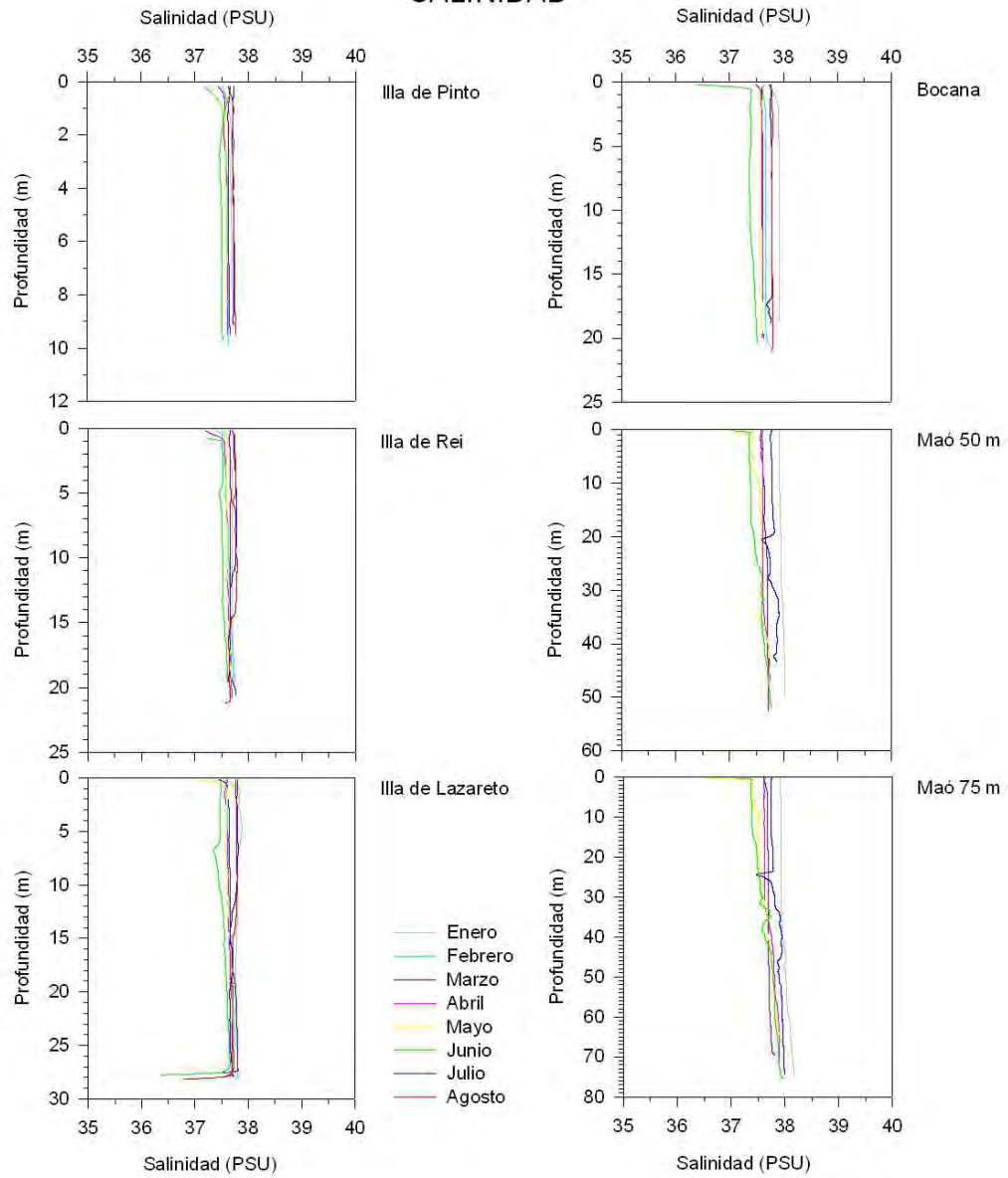
- Verlaque M. 1987. Contribution à l'étude du phytobenthos d'un écosystème photophile thermophile marin en Méditerranée occidentale. Étude structurale et dynamique du phytobenthos et analyse des relations Faune-Flore. Thèse de Doctorat. Université d'Aix-Marseille, Marseille
- Wangüemert M.G. 2005. El sargo en el litoral murciano. *Eubacteria* 15: 20-21.
- Warwick R.M. 1993. Environmental impact studies on marine communities: Pragmatical considerations. *Australian Journal of Ecology* 18(1): 63-80.
- Wilber D.H., Clarke D.G. 2001. Biological Effects of Suspended Sediments: A Review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries. *North American Journal of Fisheries Management* 21(4): 855-875.



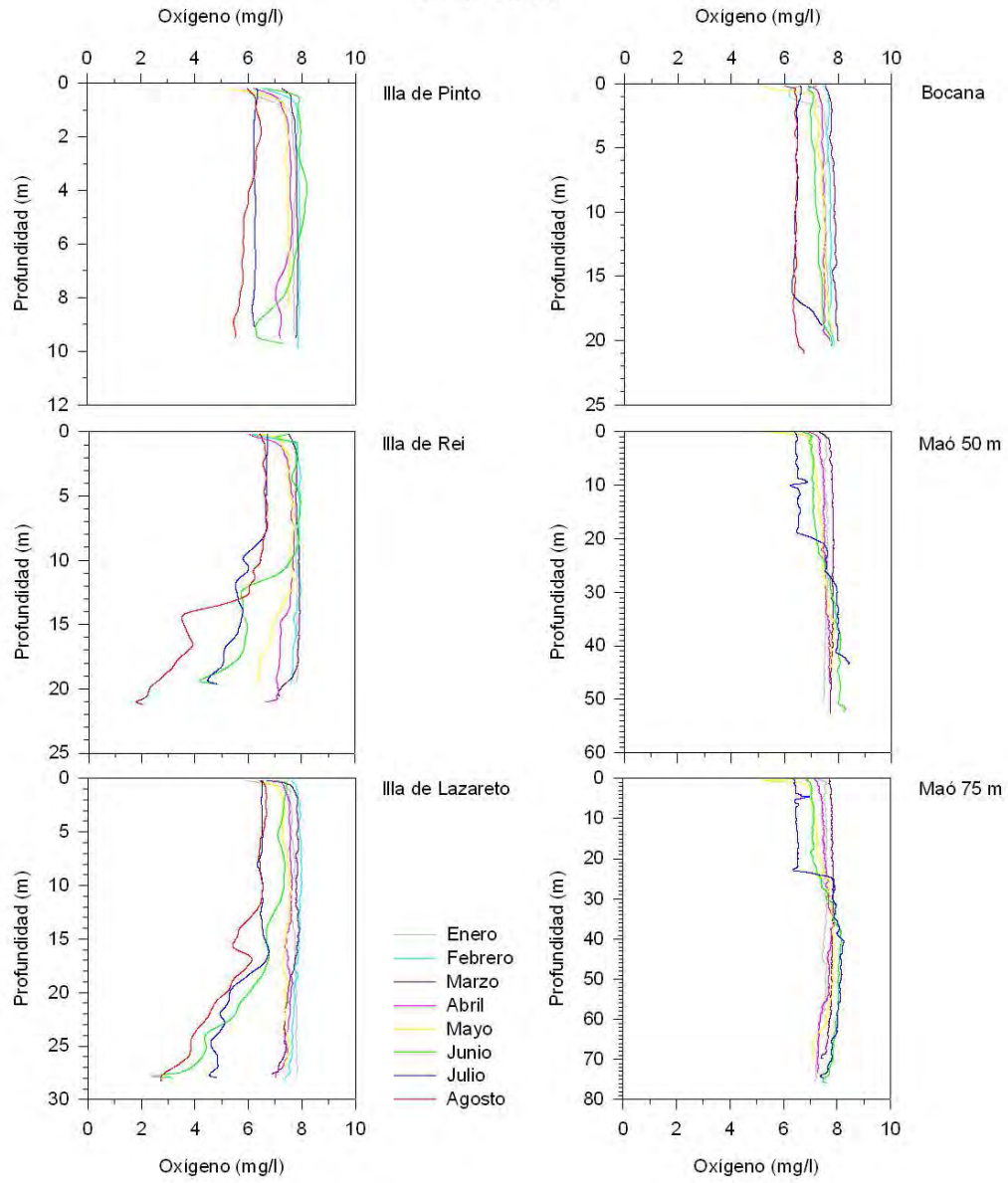
**ANEXO I. GRÁFICAS CON LOS RESULTADOS DE LOS DATOS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS CON EL CTD SEABIRD 19+ DE LA ESTACIÓN**



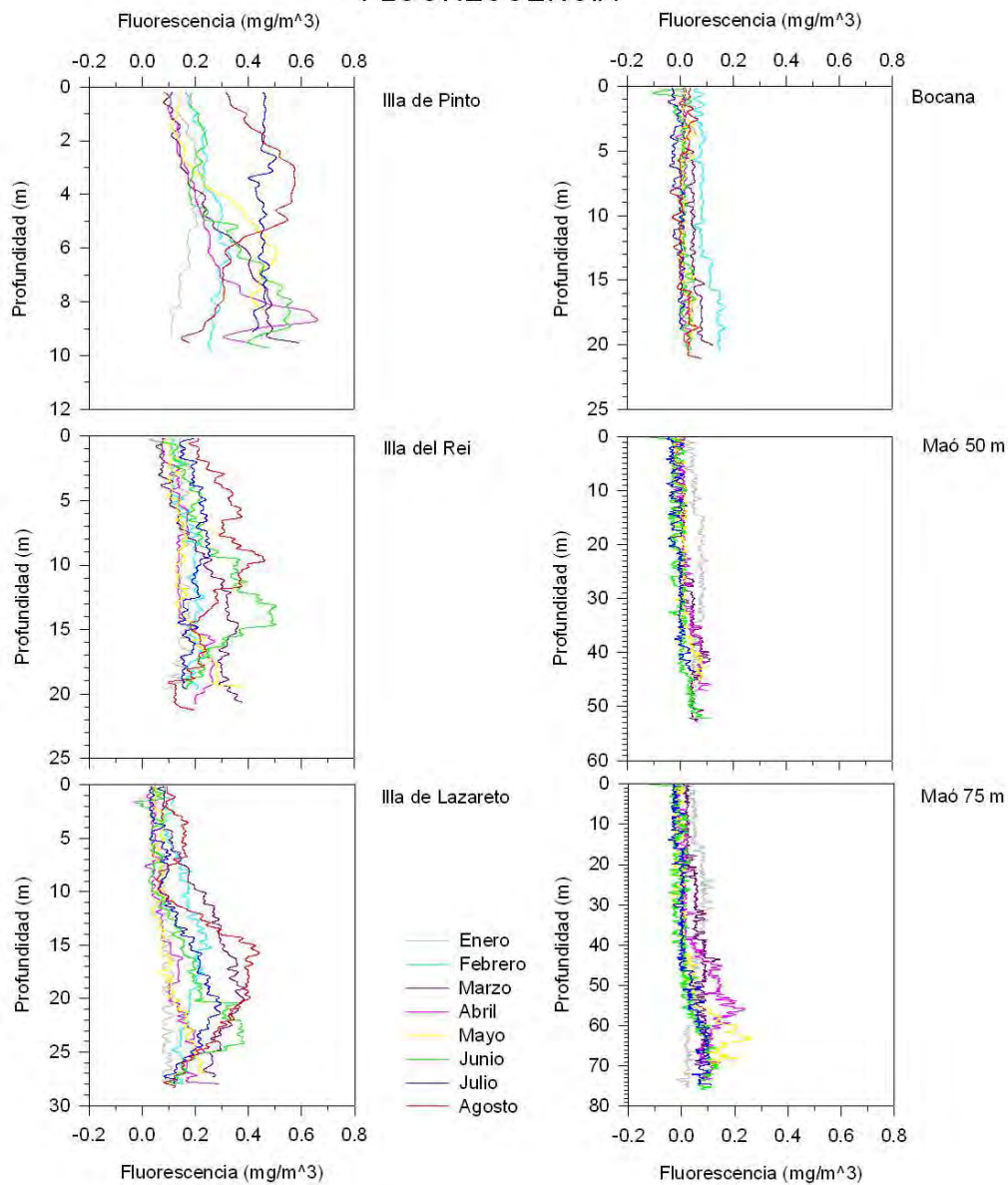
### SALINIDAD

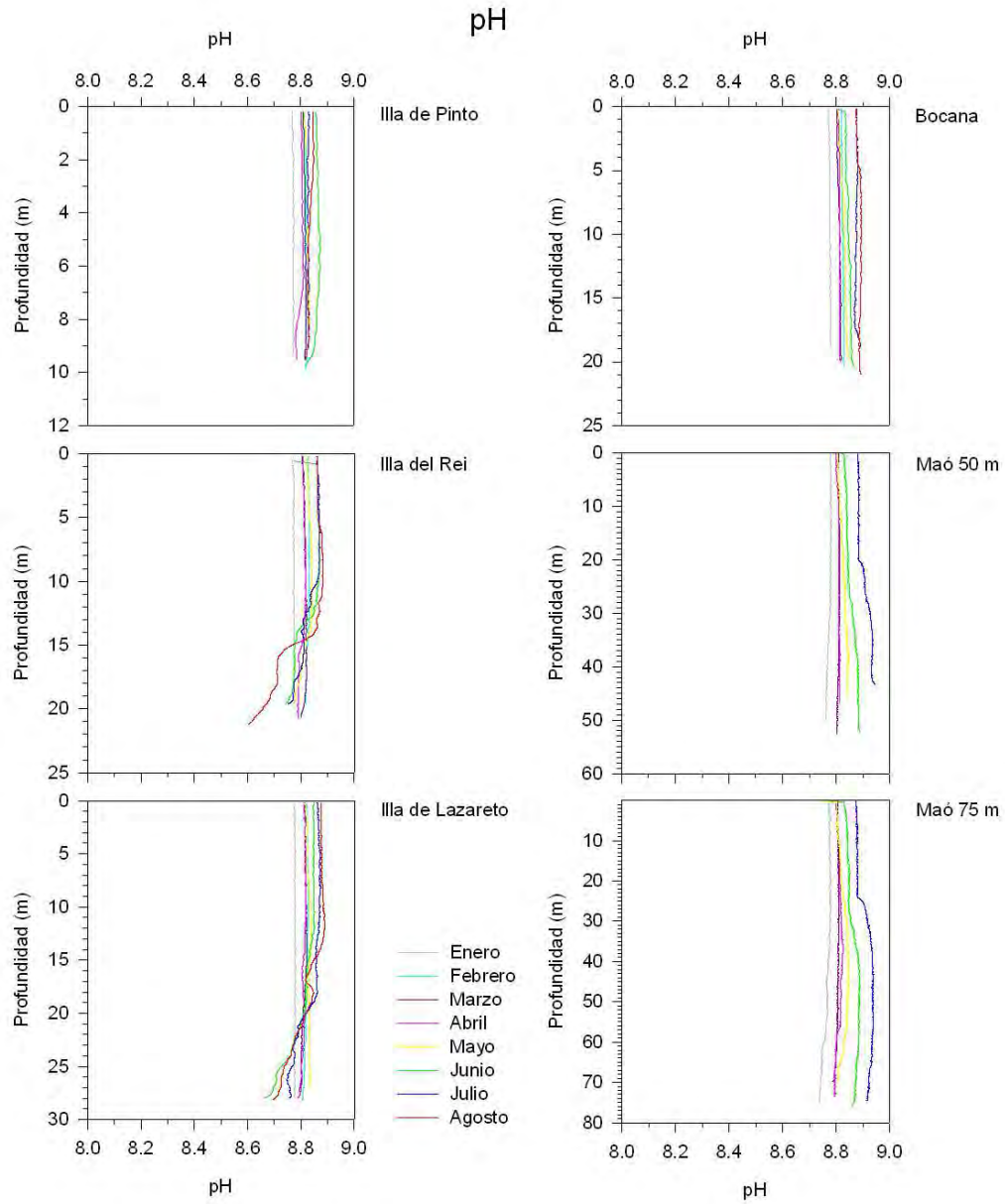


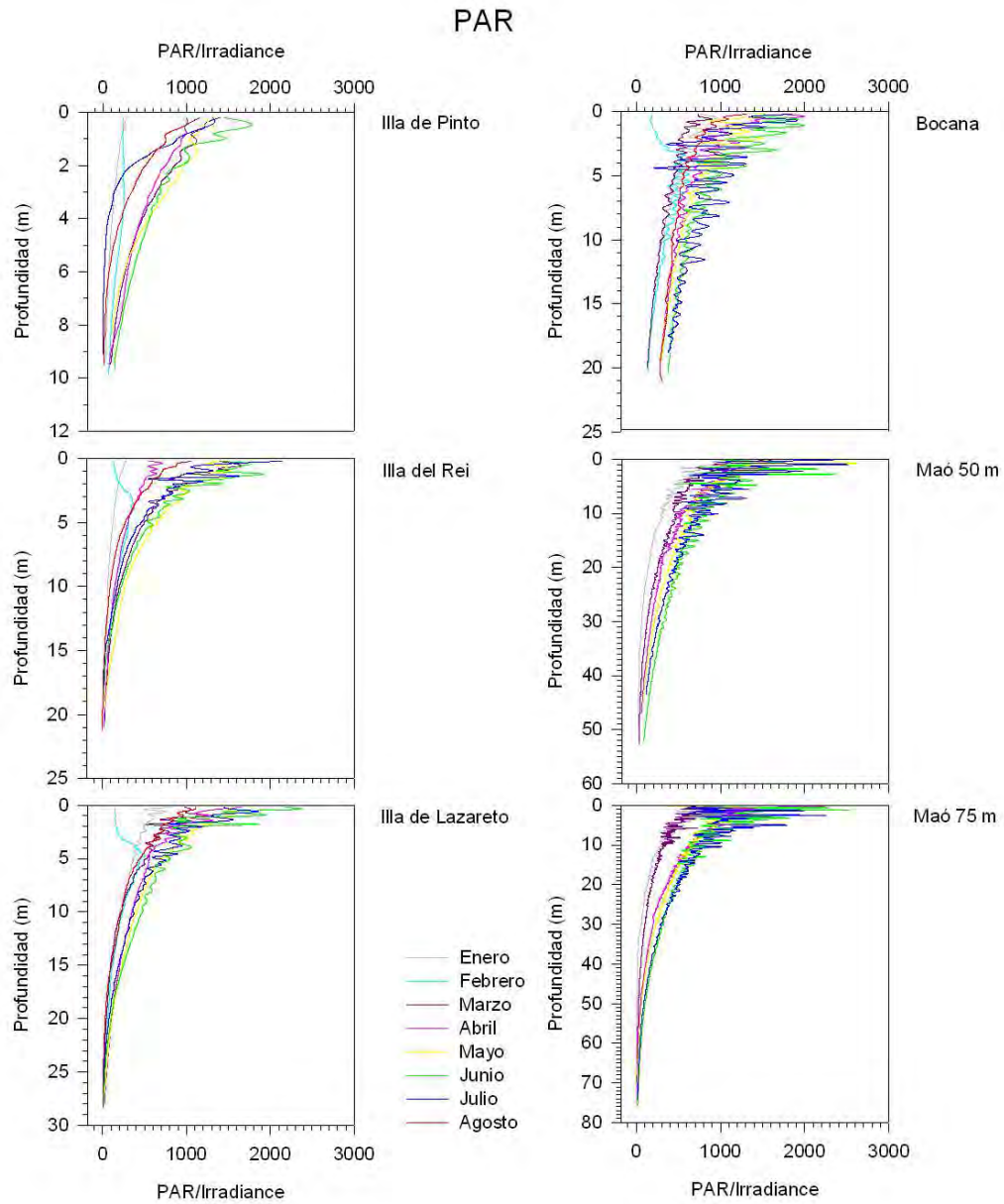
## OXÍGENO



### FLUORESCENCIA









## ANEXO II. INSTALACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN CONTINUO EN TIEMPO REAL EN LA BOCANA DEL PUERTO DE MAHÓN



### INTRODUCCIÓN

---

Durante los últimos meses del 2010 se instalaron en la **Estación de Investigación Jaume Ferrer**, de la Mola, una serie de equipos de oceanográficos que dotan a la estación para realizar medidas, en la bocana del puerto de Mahón, de los siguientes parámetros:

- corrientes en 10 profundidades, desde la superficie hasta el fondo
- temperatura y salinidad (conductividad) en el fondo (21m de profundidad) y a media agua (12m de profundidad)

Además, en la estación se instala un barómetro de precisión que registra datos a alta frecuencia.



**Foto 1:** Vista general de la Estación Jaume Ferrer, La Mola

El presente documento describe las operaciones realizadas durante 2011 por parte de SOCIB para iniciar el muestreo de forma continua de todos los equipos y los problemas que han ido surgiendo a lo largo del año.

## EQUIPOS INSTALADOS

---

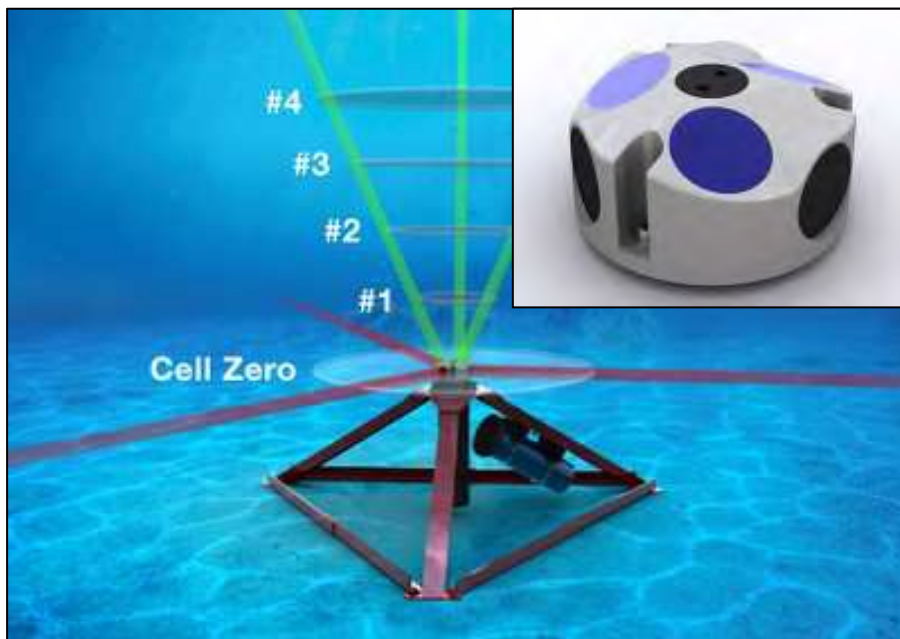
Se incluye este apartado a modo de recordatorio para que el lector tenga presente los instrumentos instalados en la estación:

### *Medidas de corriente:*

Para monitorizar las corrientes desde el fondo hasta la superficie en la bocana de entrada al puerto de Mahón, se ha seleccionado un perfilador doppler que funciona a 1MHz y que permite obtener medidas de corriente cada dos metros de profundidad mediante un único dispositivo instalado en el fondo. De esta forma se obtendrán valores de la corriente a 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 17 y 19m de profundidad.

Adicionalmente, el cabezal del equipo incorpora un sensor doppler que monitoriza la corriente en la horizontal, por lo que también se obtendrán medidas de corriente a 21m de profundidad (correspondientes al fondo).

Concretamente, el equipo instalado es un perfilador fabricado por la empresa Nortek, modelo Aquadopp Profiler de 1 MHz de cilindro largo, apto para una profundidad total de 200 metros para perfilar columnas de agua de entre 15 y 20 m (dependiendo de la calidad del agua).

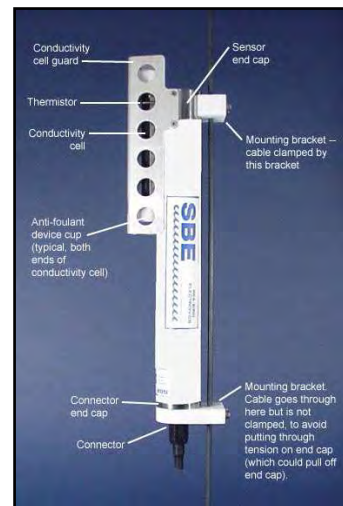


**Foto 2:** Imagen de un perfilador con cabezal Z-cell y detalle del cabezal.

### Medidas de temperatura y salinidad

Las medidas de TS se realizarán con dos registradores de temperatura y salinidad instalados uno en el fondo (junto al correntímetro) y otro 10m por encima del fondo sustentado mediante un conjunto de boyas sumergidas.

Los dos CTD son de la marca Seabird modelo SBE37-SMP con interface serie RS232, memoria Flash de 8 MB, sensor de presión 0-100 m y bomba de circulación del agua. La carcasa estanca de plástico es apta para 250 metros de profundidad, y dispone de una jaula de protección de plástico con anclajes. Cada unidad cuenta a su vez con baterías de litio internas, cilindros anti-fouling y el software SEASOFT de configuración y control (Windows).



### Comunicaciones

Para establecer comunicaciones con los equipos se estimó que lo óptimo era conectarlos con cable hasta la estación de La Mola.

El correntímetro cuenta con salida de datos mediante protocolo RS422 a través de un cable de 400 m (300 metros sumergidos y 100 metros para alcanzar la estación costera) con conector subacuático en el extremo sumergido y DB9 en el extremo seco. Este último se conecta a una caja interfaz de alimentación (AC220V / DC48V) y comunicación (RS422/RS232).



**Foto 3:** Imagen de la instalación de los cables en la entrada al mar

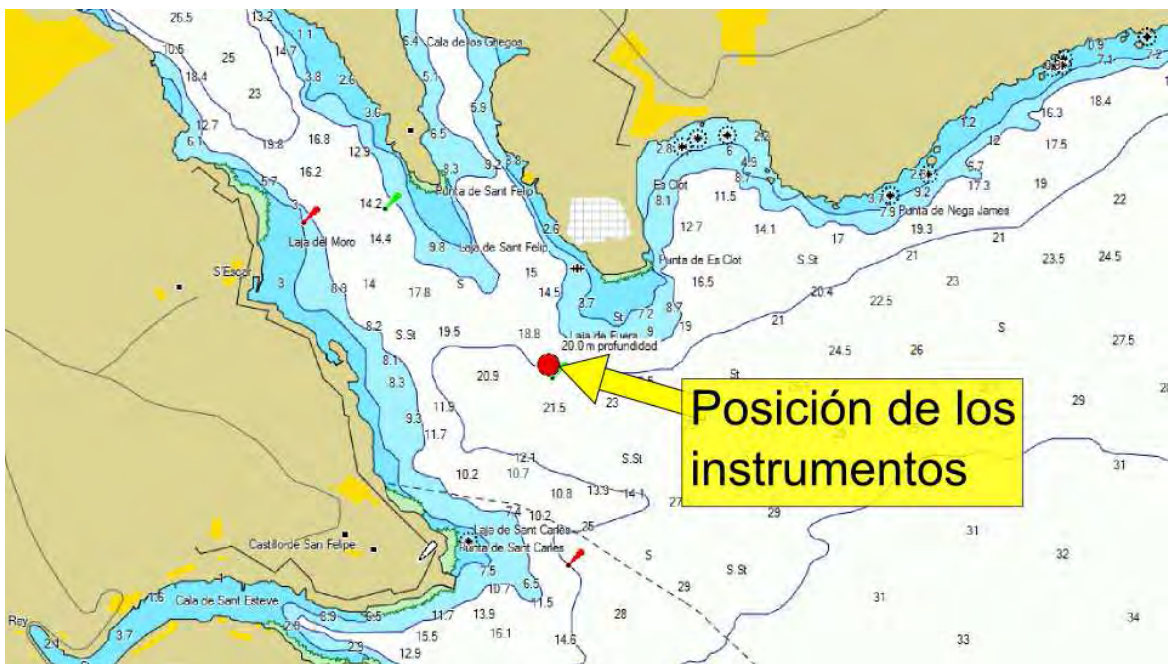
Los CTD`s cuentan con comunicación online a través de un cable de 400 m de longitud con estructura de Y asimétrica (segmento principal seguido de bifurcación en dos brazos secundarios de distintas longitudes adecuadas a la ubicación de cada unidad CTD). El cable termina en su extremo seco

en un conector DB9F para conexión con el ordenador y por el extremo húmedo en los dos brazos secundarios, de longitudes 20 y 5 m, ambos terminados en sendos conectores subacuáticos. El brazo largo se destina al fondeo subsuperficial y el corto a la unidad instalada en el fondo. Las características del cable de comunicaciones con que cuentan los CTD permiten utilizar el protocolo de comunicaciones RS232.

A ambos cables instalarán, cada uno, con una protección adicional consistente en un tubo corrugado flexible de poliamida (PA6) junto con un cable de acero galvanizado para lastrar el conjunto.

### **Posición de los equipos**

Los instrumentos están fondeados en la bocana del puerto de Mahón, su posición es la siguiente:  
N39° 52.101' E4° 18.564'.



## **ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE 2011**

---

La estación de La Mola carece de una conexión eléctrica a la red, siendo la electricidad proporcionada mediante un generador de gasoil que el personal que ocupa la estación enciende y apaga durante su permanencia en las instalaciones.

Este mecanismo estaba previsto que fuera sustituido por una conexión a la red eléctrica antes del final de 2010.

Los instrumentos oceanográficos instalados en la estación tienen una dependencia total de la conexión eléctrica, por lo que el mecanismo del generador de gasoil entraba en conflicto con el modo de operación.

Ya que las previsiones hacían pensar que a principios de 2011 se dispondría de conexión eléctrica, se decidió dejar todos los equipos instalados apagados a la espera de la conexión de la estación a la red.

### ***Abril 2011. Instalación de sistema de baterías y rotura de cables.***

Tras varios meses de retraso se decidió optar por una solución alternativa al problema de la alimentación eléctrica. La solución consistió en instalar un sistema de baterías capaz de mantener operativo todos los equipos de SOCIB instalados en la estación durante un periodo de tiempo de al menos cuatro días.

El sistema de alimentación está compuesto por:

- Cargador de baterías
- dos bancos de 3 baterías de 12V/210Ah (para conseguir 630A)
- Inversora 24V – 220V

Las baterías se cargan mediante el cargador que está conectado a la instalación eléctrica de la estación, de forma que cuando hay personal trabajando en la estación y el generador está encendido, las baterías reciben energía eléctrica desde los 220V que proporciona el generador.

Las baterías acumulan la electricidad a 24V, y les proporcionan la alimentación a los equipos instalados a través de una inversora que vuelve a transformar los 24V en 220V.

El periodo de tiempo de cuatro días se estableció atendiendo a que en puentes o vacaciones este podría ser el plazo máximo en el que ninguna persona visitara la estación.

Hay que reseñar que el sistema de baterías se configuró de forma que en 4 días la carga de las baterías disminuyera el 50% de forma que se maximizara la vida útil de las baterías (hasta 1000 ciclos de carga). Esto garantiza que en ocasiones puntuales todos los equipos de medida pueden estar funcionando hasta 8 días sin que el generador de la estación le proporcione corriente a las baterías.

Cuando se procedió a realizar la instalación del sistema de baterías se detectó que los cables de conexión con los instrumentos se habían roto por el efecto del oleaje en la zona de entrada al mar. Esto provocó otro retraso en la puesta en marcha de los equipos.



**Foto 4:** Cables rotos en la entrada al mar

Se analizó la situación y se decidió cambiar el trazado de entrada de los cables hacia los instrumentos hacia un lugar donde el oleaje tuviera un efecto tan violento sobre los cables.

#### ***Mayo de 2011. Reparación de cables.***

El primer paso para la puesta en marcha de los equipos era la reparación de los cables. Para ello fue necesario retirar los dos cables de comunicación con los instrumentos y proceder a su reparación en tierra.

A diferencia de la primera instalación en la que las operaciones en el mar las realizó una empresa local de buceadores, en esta ocasión todas las operaciones fueron realizadas por personal de SOCIB con el apoyo del personal permanente de la estación.

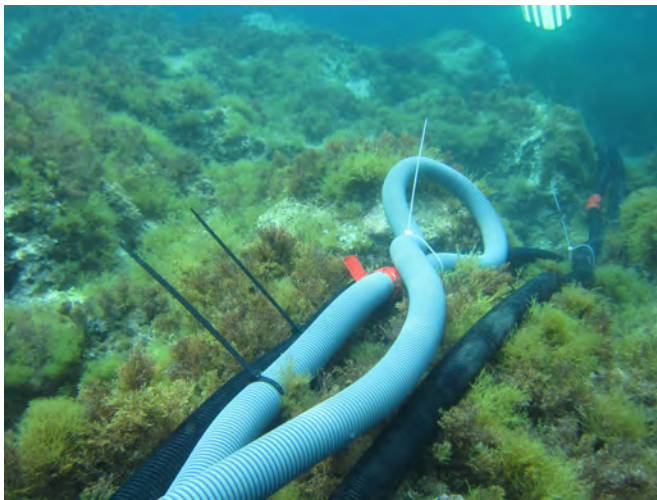
Tras llevar los cables a la estación y realizar una comprobación de los trozos recuperados se previó que los cables podían ser reparados y reutilizados para comunicar los equipos.

Se procedió a la reparación de los cables. Esta operación fue particularmente delicada, ya que el tramo de cable roto se encuentra en una zona sumergida a unos 5m de profundidad. Debido a esto la reparación eléctrica debió ser encapsulada con una resina resistente a la presión.

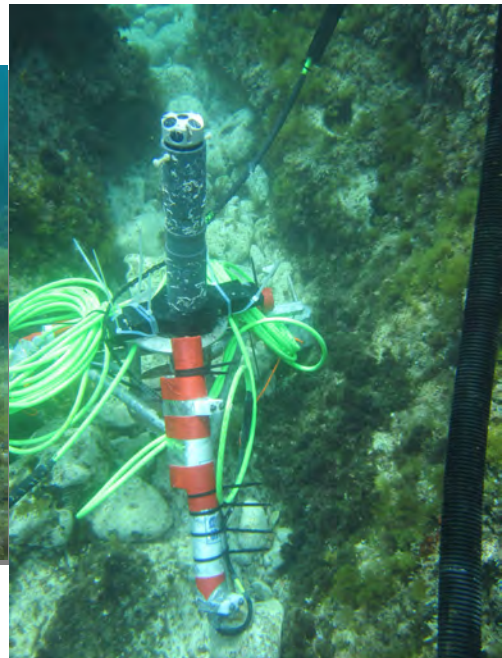


**Foto 5:** Detalle del encapsulado de los cables tras la reparación

La reparación se realizó de forma exitosa, pero se decidió instalar el cable solo hasta el punto donde las reparaciones quedaban fijadas. Los equipos se agruparon todos en un trípode de fondeo, en una zona protegida muy próxima a la estación a unos 2m de profundidad. Esta instalación provisional permitiría comprobar el funcionamiento de todos los elementos (equipos y cables) antes de proceder a su instalación definitiva.



**Foto 6:** Cables en el punto donde se fijó la reparación al fondo



**Foto 7:** Todos los instrumentos fijados sobre un trípode provisional

**Junio de 2011. Reinstalación de los equipos.**

Tras evaluar el funcionamiento de cables y equipos durante un periodo aproximado de un mes, se procedió a la instalación de todos los elementos en su lugar habitual de trabajo.

Al igual que en la ocasión anterior, las operaciones en el mar las realizaron personal de SOCIB con el apoyo del personal permanente de la estación.

Durante el periodo de pruebas en el que estuvieron funcionando todos los equipos de forma autónoma alimentados por las baterías, se detectó que la conexión a internet que dispone la estación se quedaba corta para la transmisión de todos los datos recogidos por los instrumentos; en particular porque la conexión a internet de la estación solo está operativa cuando funciona el generador.

Debido a esta limitación se decidió instalar un router 3G que funcionara alimentado por el sistema de baterías de SOCIB y que proporcionara conexión exclusivamente al ordenador que actúa como datalogger de los equipos instalados.



**Foto 8:** El correntímetro colocado en su trípode. Mientras el buceador fija el CTD SBE37

Se realizó la colocación de los instrumentos y la conexión a internet de forma exitosa.

Desde el día 15 de junio los datos recogidos por los distintos equipos son transmitidos a los servidores de SOCIB y procesados para su publicación en internet.

**Agosto de 2011. Desconexión**

El 30 de agosto se produce un corte en la transmisión de los datos. Las primeras sospechas apuntaban a un problema en el ordenador, que no puede ser resuelto de forma remota.

**Septiembre de 2011. Localización de los problemas.**

Diversos contactos con el personal de la estación no logran detectar cual puede ser el problema, pero lo que parece claro es que el ordenador está completamente estropeado.

El día 28 de septiembre técnicos de SOCIB se desplazan a la estación con un nuevo ordenador para sustituir el anterior, pero al investigar más afondo detectan algunos problemas más graves en el funcionamiento de los equipos:

- No hay comunicación con ningún instrumento



- La unidad de tierra del correntímetro tiene una luz encendida indicando “Power error”
- El conversor USB-Serie tiene diversos chips “chamuscados”

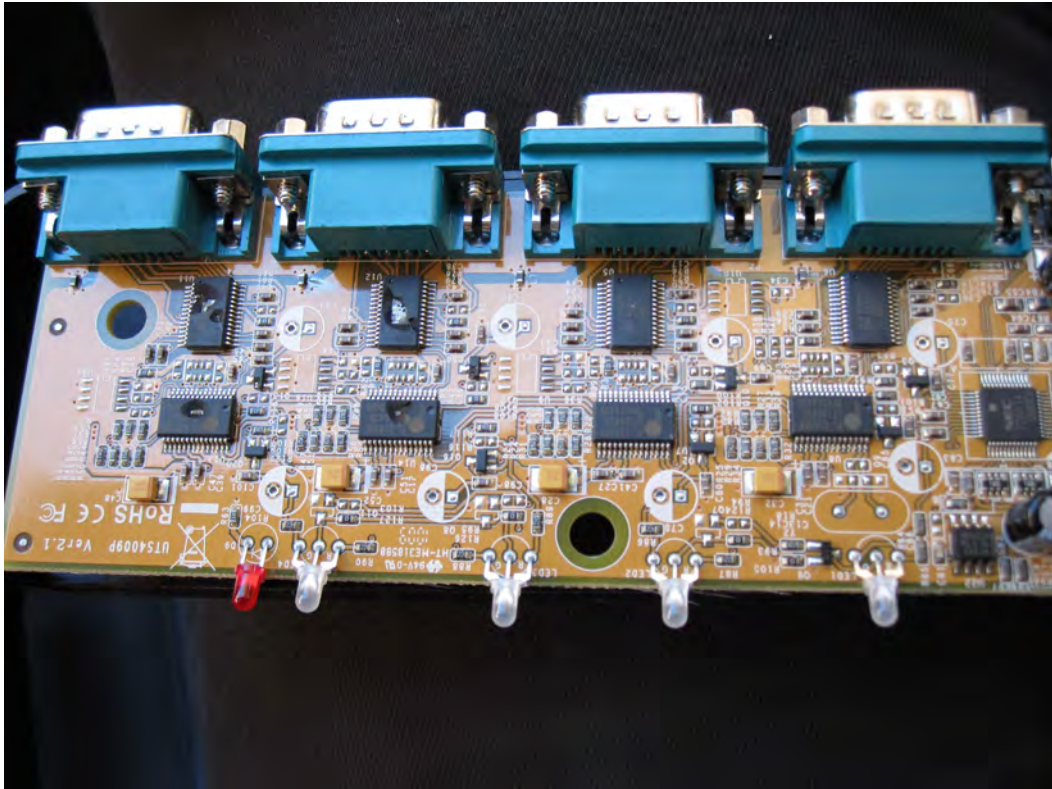


Foto 9: Detalle de los chips dañados del conversor USB-Serie

En un principio no está claro cuál puede ser origen de todos los daños. Se especula con la posibilidad de que un rayo se haya propagado por el sistema eléctrico de la estación, ya que hay diversos elementos electrónicos de la estación que también están dañados.

Se decide sustituir no solo el ordenador, sino todos los elementos dañados (en tierra), pero sigue siendo imposible establecer comunicación con los instrumentos.

SOCIB dispone de otros dos CTD's SBE37 para sustituir los fondeados en la estación en operaciones de mantenimiento, y se decide sustituir los instalados por los dos de reserva.

Cuando los buceadores desconectan el SBE37 fijado junto al trípode detectan que una de los pins de conexión está completamente roto. Es necesario cancelar la operación de sustitución de los equipos pues el cable podría dañar los conectores del CTD nuevo.

Se retiran los CTD's para hacer una inspección en tierra.

Se estudian los conectores de ambos instrumentos y se observa que ambos están deteriorados; uno de ellos tiene un pin roto, y el otro presenta holgura entre el protector plástico y los pines metálicos.

Esta evidencia nos hace replantear cual ha sido el origen de todos los problemas; si el agua de mar ha penetrado en el interior del conector, la corriente eléctrica ha podido pasar a los conectores de transmisión de datos deteriorando los CTD's, el conversor USB-Serie y el ordenador. Este hecho está aún por confirmar, pero diversos ingenieros electrónicos consultados afirman que esa es la teoría más probable. A la vista de estos hechos se decide retirar todos los equipos, sacar a tierra el extremo húmedo del cable de los CTD's y esperar a la reparación de todos los elementos para poner de nuevo en funcionamiento las medidas en la estación.

### **SITUACIÓN ACTUAL (OCTUBRE DE 2011)**

---

En la presente fecha se está a la espera de un diagnóstico del estado de todos los equipos oceanográficos y pendientes de la reparación de los extremos húmedos del cable submarino de los CTD's.

El diagnóstico y la posible reparación del conrentímetro y su unidad de control se está realizando en la factoría de Nortek en Rud, Noruega.

Los CTD's será necesario enviarlos a la factoría de SeaBird en Seattle para la sustitución de los conectores "subcom" y una posible reparación de los mismos. Actualmente están en IMEDEA para hacer una evaluación de si los daños de todo el sistema han podido ser provocados por que los conectores estuvieran defectuosos desde su instalación en fábrica.

Está previsto que personal de SOCIB realice durante las próximas semanas la reparación del cable de los CTD's. El material necesario (terminales de cable, resina, etc) ya han sido adquiridos.

Una vez que el cable haya sido reparado, se podrán instalar otros CTD's que SOCIB tiene reservados para respaldo de los que actualmente están estropeados.

El ordenador, el sistema de alimentación eléctrica, las comunicaciones por 3G y el barómetro están funcionando de forma correcta.

**ANEXO III. INFORME DE LA CAMPANYA “ESTUDI DE LA DISTRIBUCIÓ DE COMUNITATS ALGALS DE FONDÀRIA A L’ILLA DE MENORCA” REALITZADA A L’ESTACIÓ JAUME FERRER DE MAÓ DURANT ELS DIES 31 DE JULIOL A 7 D’AGOST DE 2011.**



**Bernat Hereu**

Departament d'Ecologia  
Diagonal 645  
08028 Barcelona  
Tel. 93 403 1375 Fax. 93 4111438  
correo-e: hereu@ub.edu

---

**ANTECEDENTS I OBJECTIUS**

Les comunitats algals de profunditat dominades per espècies del gènere *Cystoseira* són un patrimoni natural excepcional per la seva alta diversitat i a les seves característiques ecològiques. A més, en ser espècies amb una dinàmica molt lenta, són altament vulnerables a pertorbacions antròpiques directes o indirectes. No obstant això, aquestes comunitats, per la seva distribució en profunditat, són molt poc conegudes, tant a nivell de la seva composició com en la seva distribució. A causa de la seva orografia i les condicions oceanogràfiques regnants, les comunitats profundes de *Cystoseira* estan probablement molt ben representades a la costa de Menorca. Encara que la presència d'aquestes espècies està documentada a les Balears, no hi ha un coneixement exhaustiu de la seva distribució, i encara menys de les característiques biològiques i ecològiques de les poblacions i del seu estat de conservació.

En aquest projecte es proposa caracteritzar les poblacions i comunitats formades per algues fucals, amb els objectius concrets de:

- 1) **Llistar i descriure les espècies de fucals de distribució profunda, i les comunitats que formen, presents al litoral de Menorca.** Es realitzarà un llista de control de les espècies de fucals presents al litoral de Menorca, i les comunitats que formen.
- 2) **Estudiar la distribució de les principals poblacions d'algues fucals de profunditat.** L'estudi extensiu d'aquestes comunitats en tot el litoral Menorquí ens permetrà determinar els patrons de variació en la distribució d'aquestes comunitats.
- 3) **Caracteritzar demogràficament les principals poblacions.** A través de l'estudi de la densitat i altura de les algues en les poblacions estudiades, es determinarà l'estructura de talles i, per deducció, la dinàmica de les poblacions de *Cystoseira* de profunditat.
- 4) **Avaluar l'estat de conservació i impactes produïts sobre aquestes comunitats.** Hi ha certes activitats que poden causar pertorbacions a aquestes comunitats, com l'efecte erosiu de les xarxes de pesca artesanal, o la presència d'espècies introduïdes invasores.
- 5) **Establiment d'un marc de referència sobre la conservació d'aquestes comunitats en la costa de Menorca.** La caracterització d'aquestes comunitats, així com la metodologia utilitzada, que permetrà una replicació ràpida i senzilla, ens servirà com a referència per avaluar l'evolució i l'estat de conservació d'aquestes comunitats en el futur.

El nostre grup de recerca és pioner en l'estudi de la distribució, estructura i dinàmica de les comunitats algals de profunditat a la Mediterrània. A més dels estudis descriptius a nivell de composició específica, els estudis pioners sobre l'estructura i dinàmica d'aquestes comunitats a la reserva marina de Scandola (Còrsega), van llançar llum sobre la dinàmica d'aquestes comunitats fins ara desconeguda. Actualment, l'equip està treballant en un projecte nacional (BIROCK, ref CTM2009-08045) en què s'investiguen els efectes del canvi global en poblacions d'espècies longeves en les reserves marines del Cap de Creus, Illes Medes i Columbretes, en les quals una espècie de *Cystoseira* de profunditat (*Cystoseira zosteroides*) és usada com indicadora. Resultats preliminars d'aquest estudi indiquen que les pertorbacions mecàniques, especialment per xarxes de pesca artesanal, o la competència amb espècies introduïdes i invasores són les principals amenaces d'aquestes comunitats.

## METODOLOGIA

Previ al mostreig de camp, es realitzà un treball bibliogràfic consistent a recopilar tota la informació disponible sobre la presència i distribució d'aquestes espècies a Menorca. Es recopilà, a més, tota la informació cartogràfica disponible, amb l'objectiu de determinar i optimitzar el disseny i els punts de mostreig. Els hàbitats òptims per a aquestes espècies són zones rocoses, entre 30 i 50 metres de profunditat, i exposades a corrents, de manera que a partir de la cartografia es varen seleccionar zones amb aquestes característiques i es varen prioritzar per al mostreig de camp.

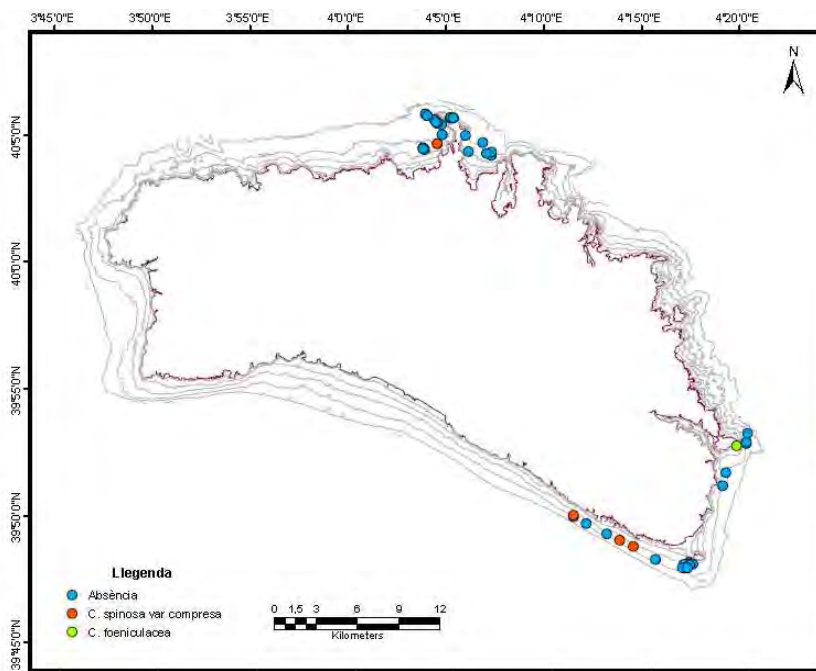
Un cop recopilada tota la informació, i amb els punts de mostreig preseleccionats, es va realitzar una primera campanya de mostreig amb base a l'Estació d'Investigació Jaume Ferrer durant els dies compresos entre el 31 de juliol i 7 d'agost de 2011. La campanya va ser realitzada per Bernat Hereu, Laura Navarro i Marta Sales, amb l'ajut de tot el personal i les instal·lacions i material de l'estació Josep Ferrer.

La tasca va consistir en la visita als llocs de mostreig a bord de l'embarcació de l'estació. La prospecció de les comunitats bentòniques es va realitzar primer amb una visualització prèvia mitjançant una càmera subaquàtica cedida per l'estació. En el cas que hi haguessin indicis de la presència d'aquestes espècies, es baixava amb escafandre autònom per a prendre dades in situ tals com la identificació de les espècies, o la quantificació de la seva densitat mitjançant el comptatge del nombre d'individus compresos en un quadrat de 50x50 cm que es replicava un mínim de 10 vegades a l'atzar.

A més, en alguns d'aquests quadres es mesurava l'alçada de l'eix central d'aquestes algues que, al ser perenne i de creixement anual, ens pot proporcionar informació sobre el creixement o l'estructura de les poblacions. La densitat i l'alçada dels eixos principals d'aquestes espècies seran les mesures utilitzades per caracteritzar demogràficament les principals poblacions trobades al litoral de Menorca.

## RESULTATS

La Figura 1 mostra els punts mostrejats al llarg de la costa de Menorca durant la campanya d'Agost de 2011. Principalment es varen mostrejar punts de la costa Nord, en torn al cap de Cavalleria, on hi havia més evidències de presència d'aquestes comunitats, i a la zona Sud, on no havíem trobat informació de base, excepte per a l'Illa de l'Aire, on sí hi havia indicis de la presència de *C. spinosa var. compresa*.

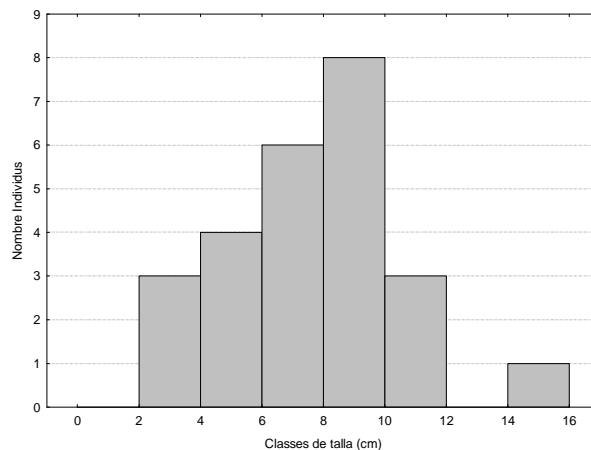


**Figura 1.-** Distribució dels punts de mostreig, on s'indica la presència de *C. spinosa var. compresa* i *C. foeniculacea* trobades durant la campanya. Es representa les isobates de 10 metres.

A la part Nord al voltant de cap de Cavalleria, no es va trobar presència abundant d'aquestes comunitats, tot i que sí hi ha presència en predeterminats punts, a més de les cites d'anteriors treballs (no incloses dins el mapa).

Els resultats més sorprenents varen ser a la part sud, on es va trobar la presència de comunitats ben establertes de *C. spinosa* var. *compressa* en àrees paral·leles a la costa, per sota del límit de la distribució de la praderia de *Posidonia oceanica*. A una fondària de entre els 35 i els 40 metres, i sobre un substrat dur, probablement resultat de la consolidació de les sorres del fons, s'assenta una comunitat dominada per *Cystoseira spinosa* var. *compressa*, amb abundància d'*Osmundaria volubilis*, *Dasycladus vermicularis* i altres espècies associades.

Es varen mesurar la densitat i estructura de talles en aquestes comunitats, donant valors de 5,4 Individus/m<sup>2</sup>, i una estructura de talles tal com mostra la Figura 2.



**Figura 2-** Representació de la distribució de talles (en classes de 2cm) de les poblacions de *C. spinosa* var. *compressa* de la zona S de Menorca.

La troballa d'aquestes poblacions va ser sorprenent, ja que no hi havia indicis previs de la seva existència, i per la sospita que poden ser molt extenses, ja que la orografia i tipus de fons regular de la costa Sud de Menorca fa sospitar que la distribució de les comunitats es molt homogènia i, la que aquesta comunitat es pot estendre al llarg de tota la costa meridional de l'illa.

Aquests resultats preliminars ens indiquen que efectivament hi ha comunitats de *Cystoseira* de fondària al llarg del litoral de l'illa de Menorca, i que la seva distribució pot ser molt extensa i heterogènia. Així com a la costa Nord sembla que hi ha petites taques distribuïdes heterogèniament de comunitats dominades per *C. spinosa* var. *compressa* i *C. zosteroides*, a la costa Sud les comunitats dominades per *C. spinosa* var. *compressa* sembla que són molt extenses i regulars.

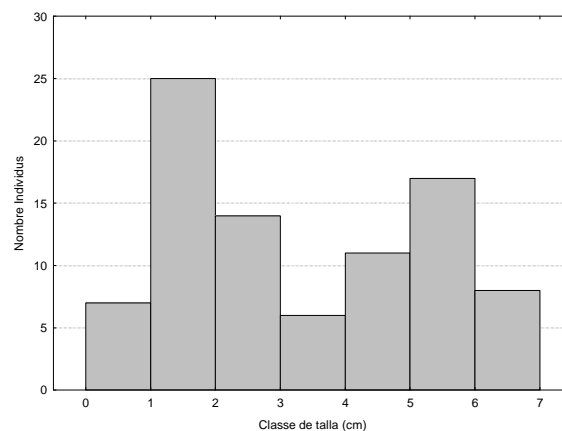
Aquesta primera campanya ha servit doncs per a evidenciar aquesta descoberta, i poder plantejar la continuació d'aquest treball extensiu, a més de justificar la recerca de finançament per a dur a terme la totalitat del projecte.

Concretament, a més de la continuació de la identificació i estudi in situ de les comunitats d'algues de fondària, el sonatge de les zones d'estudi mitjançant tècniques que permetin la discriminació del tipus de comunitat, a més de la utilització de càmeres per control remot permetrien un estudi exhaustiu i detallat d'aquestes comunitats al litoral de Menorca.

**INSPECCIÓ DE LES COMUNITATS SOMES ENVAÏDES PER BOGAMARINS A LA COSTA NORD DE MENORCA**

El dia 5 d'Agost, juntament amb l'investigador Lluís Cardona vàrem fer una inspecció de les comunitats algals somes recentment envaïdes per bogamarins.

Aquestes comunitats, dominades per *Cystoseira balearica* i altres espècies arborescents fins fa poc, varen aparèixer completament dominades per poblacions molt denses del bogamarí *Paracentrotus lividus* que en alguns casos havia transformat les comunitats algals dominades per algues arborescents en blancalls dominats per algues calcàries incrustants, comunitats que, tal com mostra l'abundant literatura en aquest tema, tenen una diversitat molt baixa, i es consideren comunitats degradades de les originals. Curiosament, el punt on hi havia major abundància de bogamarins i el seu efecte era més evident, va ser la zona dins de la reserva integral del Nord de Menorca, on les comunitats estaven completament denudades i amb una abundància de garotes de fins a 27 individus/m<sup>2</sup> i amb una distribució de talles dominades per individus de totes les talles, amb un fort reclutament tal com mostra la figura 3, amb dades preses a partir de comptatges amb quadres distribuïts a l'atzar dins de la zona.



**Figura 3-** Distribució de les classes de talla de la població de *Paracentrotus lividus* a la zona de la reserva integral del Nord de Menorca.

Aquesta inspecció va evidenciar els recents canvis que s'han produït a l'illa de Menorca i a altres indrets de les Balears (on aquest mateix estiu hem detectat blancalls nous a zones de la serra de Tramuntana de Mallorca que vàrem mostrejar fa cinc anys i on també dominaven les comunitats algals ben desenvolupades).

Aquesta transformació de les comunitats algals ben desenvolupades en comunitats de blancalls dominades per bogamarins estan descrits com a efectes indirectes de problemes com la sobrepesca o eutrofització de les aigües. Degut a que aquests canvis són recents a l'illa de Menorca, i poden produir efectes molt importants sobre els ecosistemes, tals com la pèrdua de diversitat, recursos tròfics per a la resta de comunitat i pèrdua d'hàbitat que pot provocar una pèrdua de la funcionalitat del sistema, creiem que és urgent aprofundir el coneixement sobre aquest fenomen en forma de una monitorització sistemàtica, i la recerca d'actuacions o mesures de gestió per a pal·liar aquesta pèrdua de comunitats algals ben conservades.

## **US DE L'ESTACIÓ JAUME FERRER**

---

Creiem que l'estació Jaume Ferrer és una instal·lació clau per a dur estudis com el realitzat. Tant la seva ubicació com les instal·lacions, material i serveis dels que podem disposar han estat de gran ajut, i creiem que es un molt bon servei per a la recerca a Menorca, que pot atraure grups, com el nostre, per a desenvolupar projectes de recerca a Menorca.

Les instal·lacions i equipament de l'estació som molt correctes pel tipus de campanya que hem realitzat, basada en feina de camp. No obstant, en altres tipus de campanyes, o en aquesta mateixa si haguéssim hagut de treballar amb material viu, hauria estat útil un espai més gran i habilitat com a laboratori humit.

Tot i aquesta observació, en general les instal·lacions i equipaments de l'estació ens han permès realitzar la campanya amb una gran comoditat i amb una fiabilitat complerta pel que fa al material utilitzat.

Cal destacar l'excel·lent tracte i disponibilitat del personal de l'estació que en tot moment ha estat disposat a col·laborar i participar en les nostres tasques, a més de donar-nos facilitats en tots els aspectes que hem hagut de tractar per a la realització d'aquesta campanya.





## **ANEXO IV. INFORME SOBRE LA BIOTA SUMERGIDA DEL PORT DE SA NITJA: DESCRIPCIÓN, VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL, PROBABLES IMPACTOS DE PROCEDERSE A MEJORAR LOS PANTALANES ACTUALES, Y PROPUESTAS PARA PROTEGER SUS ECOSISTEMAS.**

Enric Ballesteros i Sagarra<sup>1</sup>  
Emma Cebrian Pujol<sup>2</sup>  
Marta Sales Vilallonga<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC

<sup>2</sup>Universitat de Girona

<sup>3</sup>Estació d'Investigació Jaume Ferrer-IEO

### **Introducción**

Puestos en contacto con la Associació d'Usuaris del Port de Sa Nitja (Es Mercadal, Menorca) nos han mostrado su preocupación por mantener la posibilidad de amarrar las embarcaciones de dichos usuarios allá donde vienen haciéndolo desde hace años pero adaptándose a las normativas actuales que rigen este tipo de instalaciones marítimas.

Asimismo la dicha Associació nos ha facilitado la consulta del proyecto presentado por Juan Manuel Delgado Díaz, ingeniero de caminos, canales y puertos, con el fin de solicitar una concesión administrativa en dominio público marítimo terrestre en dicha localidad, proyecto realizado a petición de la susodicha Associació.

En nombre de los usuarios, Josep Baixas nos ha solicitado un breve informe sobre las particularidades de los hábitas sumergidos del Port de sa Nitja, su estado de conservación y el previsible impacto que tendría la elaboración del proyecto de mejora de los pantalanes. Dicho informe se expone a continuación.

### **Descripción**

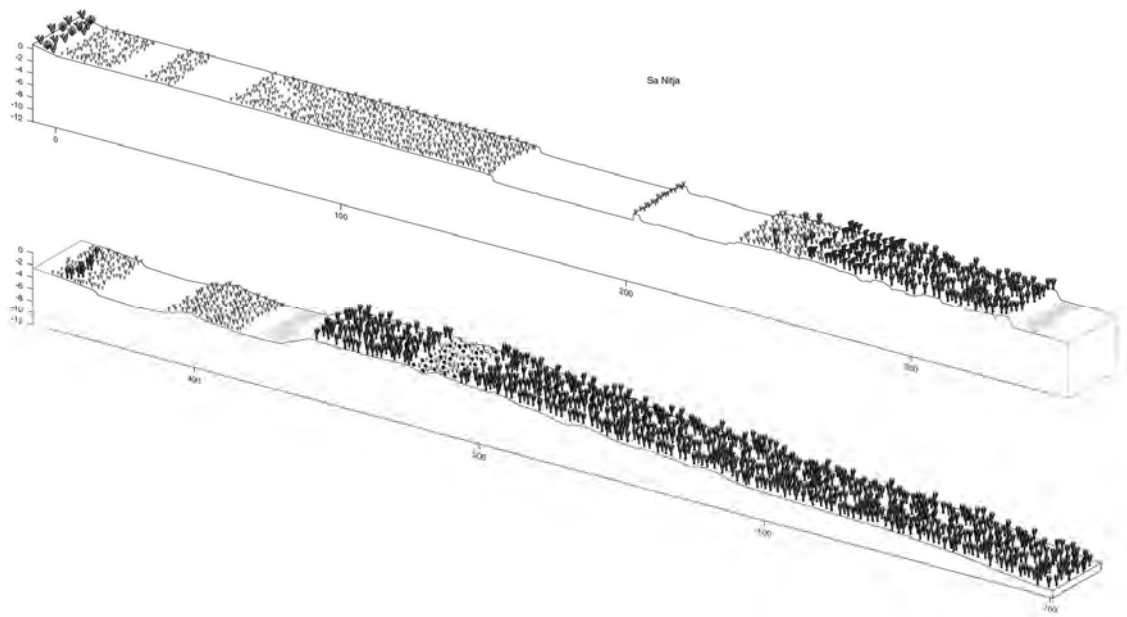
La bahía donde se ubica el Port de Sa Nitja posee unos fondos marinos típicamente mediterráneos.

La zona supralitoral se caracteriza por su altura escasa a causa del bajo hidrodinamismo de sus aguas. En zona sedimentaria la biota está formada por comunidades de plantas superiores propias de zonas salobres como *Juncus acutus* y *Arthrocnemum* sp., mientras que en zona rocosa se establece una comunidad dominada por el caracol *Littorina neritoides*. La zona mediolitoral, de escasa amplitud en la zona rocosa, está caracterizada por el horizonte de *Chthamalus stellatus* y *Chthamalus montagui*; en zona sedimentaria aparecen arenas fangosas y fangos mediolitorales, en su parte inferior ocupados por pequeñas plantas de *Zostera noltii*. En algunas zonas aparecen acúmulos de gravas organógenas y pequeñas piedras aportadas por la pequeña riera que vierte sus aguas en el interior del puerto.

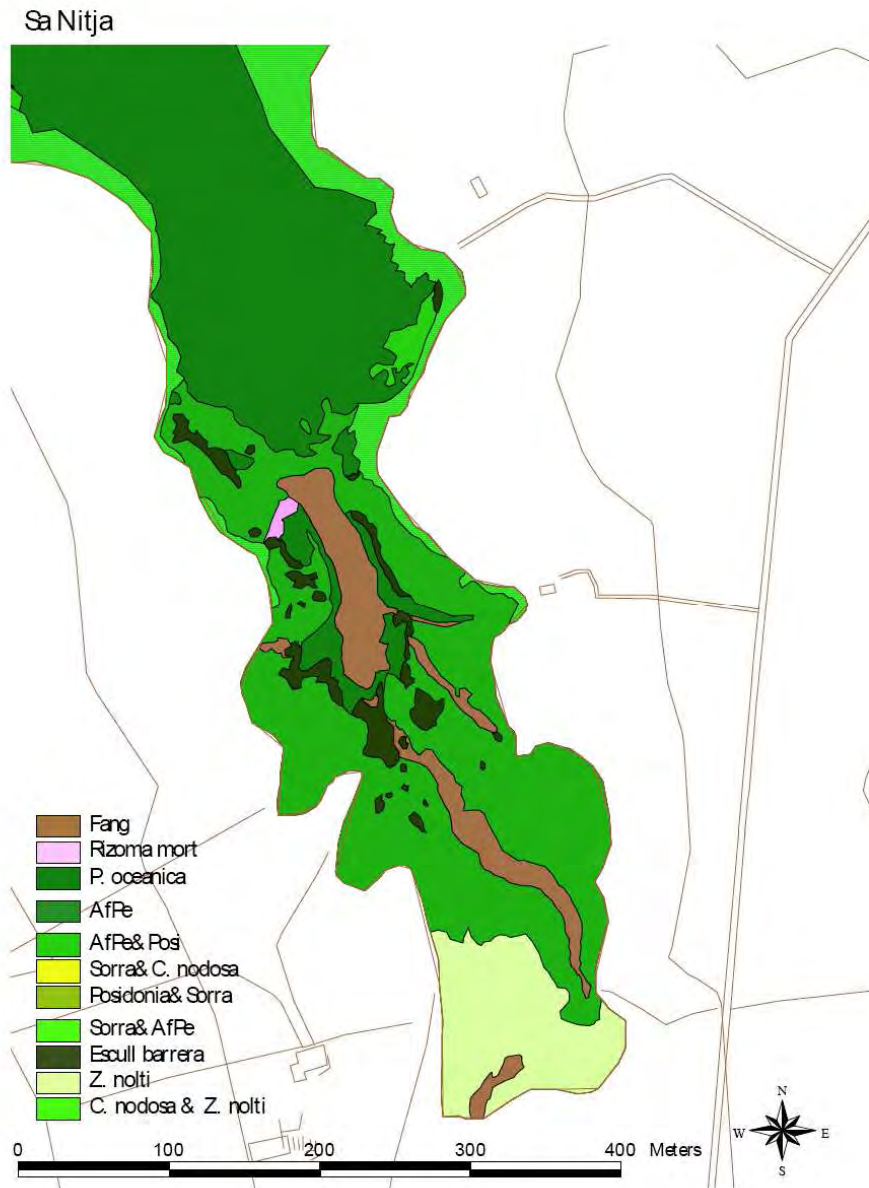
La zona infralitoral es mayoritariamente sedimentaria y nos ofrece un claro gradiente de comunidades desde el interior al exterior de la bahía y desde sus márgenes hacia la parte central (Figuras 1,2). La parte más interna está ocupada por una pradera de *Zostera noltii* que a medida que nos alejamos se va enriqueciendo con *Cymodocea nodosa* hasta que esta especie acaba adueñándose del fondo marino. Dicha comunidad de *Cymodocea nodosa* se asienta sobre un lecho subfósil de rizomas de *Posidonia oceanica*, de edad incierta, pero que indica la existencia y progresión de un arrecife barrera de esta especie hacia mar abierto. La existencia de un estrato de rizomas de *Posidonia oceanica* queda de manifiesto al analizar la constitución del fondo marino en las paredes del canal abierto en medio de la bahía para facilitar el tránsito de las embarcaciones. La potencia de este estrato de rizomas de *Posidonia* se cifra en al menos 2-3 metros, profundidad a la que llega el canal.

La parte central del canal y otras zonas donde la mata muerta de *Posidonia* ha sido extraída para facilitar el paso de las embarcaciones albergan un fondo fangoso sedimentario, de características bastante atípicas a causa del gran contenido en fibras de los rizomas de *Posidonia oceanica*. En alguna parte

también aparecen manchas de rizoma muerto recubiertos por varias especies de macroalgas visibles entre las que se encuentran *Padina pavonica*, *Penicillus capitatus*, *Halopteris scoparia* y *Flabellia petiolata*.



**Figura 1-** Esquema de zonación desde la parte más interna hacia el exterior de la bahía de Sa Nitja. Longitud del transecto 700 metros. Se distinguen las distintas comunidades, a saber: comunidad de salicornias (*Arthrocnemum* sp.) y juncos (*Juncus acutus*), pradera de *Zostera noltii*, pradera de *Cymodocea nodosa*, fangos y arenas, y pradera de *Posidonia oceanica*. Fuente: E. Ballesteros y E. Cebrian



**Figura 2-** Cartografía bionómica del Port de Sa Nitja con indicación de las principales comunidades (Fang: Barro y arenas fangosas; Rizoma mort: Rizoma muerto de *Posidonia oceanica*; P. oceanica: pradera de *Posidonia oceanica*; AfPe: comunidad de algas fotófilas sobre sustrato rocoso; AfPe&Posi: zona mixta con pradera de *Posidonia* y algas fotófilas sobre sustrato rocoso; Sorra& C. nodosa: pradera de *Cymodocea nodosa* con arena; Posidonia & Sorra: manchas de *Posidonia oceanica* sobre arena; Sorra& Afpe: arena con algas fotófilas sobre piedra; Escull barrera: Arrecife Barrera de *Posidonia oceanica*; Z.nolii: pradera de *Zostera nolii*; C. nodosa &Z. nolii: pradera de *Cymodocea nodosa* con ejemplares dispersos de *Zostera nolii*. Fuente: E. Ballesteros & E. Cebrian

Los haces de *Posidonia oceanica* de la parte más interna de la bahía están a muy poca profundidad, y constituyen un cinturón discontinuo que resigue la ensenada principal de la bahía. Las hojas de estos haces sobresalen a superficie durante las épocas favorables (primavera-verano), constituyendo un arrecife barrera, de enorme importancia geomorfológica. El arrecife barrera es discontinuo; sin duda la falta de

continuidad es en parte natural como resultado del flujo de entrada y salida de agua de la bahía, pero también hay que tener en cuenta la acción humana a la hora de ensanchar los canales naturales para favorecer la entrada y salida de las embarcaciones.

La costa rocosa infralitoral presenta tres grandes tipos de hábitats distintos. El más extendido es la asociación de algas infralitorales de aguas cálidas de modo calmo (= *Anadyomeno-Padinetum pavonicae*) donde dominan el alga incrustante *Neogoniolithon brassica-florida* y las algas erectas *Padina pavonica*, *Halopteris scoparia*, *Haliptilon virgatum*, *Anadyomene stellata*, *Amphiroa rigida* y *Dasycladus vermicularis*. En las partes más externas de la bahía el hidrodinamismo es más acentuado, lo que favorece la aparición de otras especies como *Cystoseira balearica*, *Corallina elongata*, *Sargassum vulgare* y *Dictyota implexa* (= *Cystoseiretum balearicae*). En la parte más somera del centro de la bahía aparecen poblaciones mixtas de *Cystoseira crinita*, *Cystoseira spinosa* v. *tenuior* y *Cystoseira compressa* v. *pustulata* (= *Cystoseiretum crinitae*).

La cartografía de los hábitats sumergidos de la bahía de Sa Nitja se expone en la figura 2. Se observa la predominancia de la pradera de *Posidonia oceanica* en la parte más externa y la de *Cymodocea nodosa* en la parte media, estando la parte más interior ocupada por *Zostera noltii*. La zona fangosa resigue los canales y las zonas rocosas se sitúan en los laterales de la bahía.

El Port de Sa Nitja alberga –como hemos visto– un arrecife barrera de *Posidonia oceanica* con su correspondiente laguna interna donde se establecen otras fanerógamas marinas. Este arrecife y todo el conjunto de hábitats que lo acompañan poseen un valor naturalístico, geomorfológico, biológico y oceanográfico extraordinarios, por cuanto es uno de los escasos arrecifes barrera bien estructurados del Mediterráneo español (junto a s'Estany, en Addaia, l'Estany des Peix, en Formentera, y Cala Talamanca, en Eivissa).

### Estado actual

El estado actual de los hábitats del Port de Sa Nitja dista de ser excelente a causa de las importantes presiones a las que están sometidos, en especial a todas aquellas asociadas a la salida y entrada de embarcaciones. Dichas presiones se manifiestan en una destrucción de haces de fanerógamas marinas (en especial *Posidonia oceanica*) y en una elevada turbidez del agua que dificulta el crecimiento de algas y fanerógamas. Sin embargo, (y a pesar de la falta de estudios precisos sobre la evolución de las poblaciones vegetales) no hemos observado un empeoramiento de la calidad de estos hábitats en los últimos treinta años, por lo que hay que suponer que están en equilibrio con la situación ambiental actual. Sin duda, no obstante, este equilibrio es muy precario y en nuestra opinión cualquier alteración no necesariamente importante del medio puede desembocar en una rápida degradación de estos hábitats.

Además, debe tenerse en cuenta el alto valor paisajístico de la zona debido, en parte, a los materiales utilizados para la construcción de los actuales pantalanes, que están totalmente integrados en el entorno. También destaca la mínima alteración del entorno en la parte terrestre, que incluye sólo la habilitación de unos cuantos viales no asfaltados ni hormigonados para acceder a los puntos de amarre. Prueba de ello es el elevado número de turistas y locales que aparca el vehículo rumbo al Cap de Cavalleria para observar y fotografiar el puerto tradicional de pescadores de Sa Nitja.

### Impactos probables en la mejora de los pantalanes

El proyecto de mejora no presenta un estudio de impacto ambiental, necesario e imprescindible puesto que Sa Nitja pertenece a una zona LIC marina establecida para la protección de las praderas de *Posidonia oceanica*. Asimismo, el Port de Sa Nitja está enclavado dentro de la Reserva Marina del Nord de Menorca por lo que seguramente los gestores de dicha reserva también pedirán un informe de impacto.

En nuestra opinión el impacto de la obra proyectada estará íntimamente ligado a cómo se realicen las obras, aunque sin duda será muy significativo y puede suponer la eliminación de gran parte de la pradera de *Cymodocea nodosa* y alterar profundamente el estado –ya de por sí precario– del arrecife barrera. En todo caso y si la obra se lleva a cabo, es de máxima importancia que se evite a toda costa la resuspensión de sedimento, y la destrucción por pisoteo, extracción o ensombrecimiento de cualquier trozo de pradera de *Posidonia oceanica* o *Cymodocea nodosa*. Dadas las características de las obras eso resulta prácticamente imposible, incluso si se realiza todo el proceso sin maquinaria pesada. La idea de poner

mueritos de 500 kg de peso unidos por cadenas para establecer los trenes de fondeo implica también una importante destrucción de pradera. Por todo ello se desaconseja la realización del proyecto en la forma presentada.

## Propuestas

El uso actual de los embarcaderos del Port de Sa Nitja no supone una degradación irreversible de los vulnerables ecosistemas costeros que contiene, puesto que aunque muestran síntomas de degradación sobreviven al paso del tiempo. Dado que el Port de Sa Nitja está situado en una zona LIC marina establecida para la protección de la pradera de *Posidonia oceanica* y que el arrecife barrera que alberga es el patrimonio natural más significativo de la zona LIC, parece un contrasentido querer mejorar unos amarres de embarcaciones y unos usos que están en equilibrio con dicho arrecife, sin tener en cuenta el impacto ambiental de la obra. También pensamos que cualquier actuación que se lleve a cabo en el Port de Sa Nitja debe considerar la mejora del estado actual de los ecosistemas marinos que alberga, sin alterar de forma significativa la utilización del mismo como zona de amarre de embarcaciones.

Por todo ello se proponen una serie de medidas para mejorar la calidad del agua y las praderas de fanerógamas marinas haciéndolo compatible con el uso actual. Dichas medidas suponen:

- 1- Eliminar el pantalan establecido en el fondo de la bahía, con la recolocación de las pocas embarcaciones que alberga en la zona media de la bahía. Con esta actuación se eliminaría en la práctica la navegación por el canal, favoreciendo la recuperación de la calidad del agua y el restablecimiento de unas praderas en calidad óptima en el interior de la bahía.
- 2- Sustituir (sin utilizar maquinaria pesada) aquellos pilares y pasarelas de los pantalanes actuales que lo requieran. Podría contemplarse una sustitución total si se garantiza una alteración mínima en la resuspensión del sedimento y en el pisoteo de la vegetación.
- 3- En caso de sustitución de los pantalanes, utilización de materiales y colores lo más discretos y acordes con el paisaje posible (p. ej. madera natural). Evitar materiales sintéticos y colores estridentes. Evitar al máximo la utilización de cemento y/o hormigón en las instalaciones tanto en mar como en tierra.
- 4- Reordenar la disposición de las embarcaciones para racionalizar el uso del espacio. En todo caso mantener los 4 pantalanes de la zona media de la bahía.
- 5- Reubicar la mayoría de embarcaciones en los pantalanes dejando solo las de mayor eslora ancladas en la bahía.
- 6- Reordenar los viales de acceso, cerrando aquellos que no vayan a ser usados para la recuperación de la vegetación natural en los mismos. Dejar los viales a utilizar lo más inalterados posible (no asfaltar, por ejemplo).
- 7- Utilizar tornillos ecológicos (ver Proyecto Life Posidonia) en vez de mueritos para fijar las embarcaciones por popa. No utilizar de trenes de cadenas. En el caso de mueritos ya situados y en buen estado, limitarse a aprovecharlos.
- 8- Mejorar la rampa de acceso en el único caso que ésta represente un peligro para las embarcaciones o sus ocupantes. Dado el elevado valor patrimonial natural del lugar y la vulnerabilidad de los ecosistemas que alberga entendemos que una mejora en este sentido puede incentivar el uso de las instalaciones con el subsiguiente incremento de presión antrópica no deseada.
- 9- Instalar dos contenedores para residuos y aceites usados, solamente en el caso que exista un control de mantenimiento y vaciado de los mismos, y con criterios de mínimo impacto paisajístico.
- 10- Balizar la zona de amarre para facilitar la entrada y salida de las embarcaciones de tal forma que se minimize el roce de las hélices y las quillas de las mismas sobre el fondo marino.
- 11- Elaborar y colocar un panel informativo donde se informe de las especiales y valiosísimas características biológicas del enclave con recomendaciones para su conservación dirigidas a los usuarios.
- 12- Bajo ningún concepto conceder más amarres a posibles futuros usuarios, cuya ubicación debiera ser el próximo puerto de Fornells.
- 13- Las obras deberían tener una vigilancia ambiental activa al pie del terreno.

En todo caso, creemos que por el bien del arrecife barrera de *Posidonia* y los hábitats que éste forma, ante la duda es mejor dejar las cosas como están que intentar modificarlas.